

1. Oktober 2013

UniReport



Goethe-Universität | Frankfurt am Main

Satzungen und Ordnungen

Ordnung für den Bachelor- und den Masterstudiengang Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main vom 24.04.2013

Genehmigt durch das Präsidium am 24. September 2013

Abschnitt I: Allgemeines	5
§ 1 Rechtsgrundlage und Geltungsbereich der Ordnung, Zweck der Bachelor- bzw. Masterprüfung	5
§ 2 Akademische Grade	5
§ 3 Ziele des Physikstudiums	6
§ 4 Der Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“	6
§ 5 Der Schwerpunkt Computational Physics	8
§ 6 Berufliche Perspektiven	9
§ 7 Schlüsselqualifikationen	11
§ 8 Nützliche Voraussetzungen für die Physikstudiengänge	12
§ 9 Studienberatung; Orientierungsveranstaltung; Vorlesungsverzeichnis	12
Abschnitt II: Beginn, Ablauf und Organisation des Studiums	13
§ 10 Studien- und Prüfungsaufbau; Module und Kreditpunkte (CP)	13
§ 11 Lehr- und Lernformen	14
§ 12 Wahlpflichtmodule	14
§ 13 Befristung der Prüfungen und Teilzeitstudium	15
§ 14 Anrechnung von Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen	15
§ 15 Anrechnung von außerhalb einer Hochschule erworbener Kompetenzen	16
§ 16 Zulassung zu Modulen	16

Abschnitt III: Prüfungsorganisation	17
§ 17 Prüfungsausschuss; Prüfungsamt.....	17
§ 18 Prüfungsbefugnis; Beisitz bei mündlichen Prüfungen.....	18
§ 19 Akademische Leitung und Modulkoordination.....	18
§ 20 Meldung und Zulassung zur Bachelor- oder Masterprüfung	19
§ 21 Prüfungstermine, Meldefristen und Meldeverfahren für die Modulprüfungen	20
§ 22 Versäumnis und Rücktritt	21
§ 23 Studien- und Prüfungsleistungen bei Krankheiten und Behinderungen sowie bei familiären Belastungen	21
§ 24 Täuschung und Ordnungsverstoß	22
§ 25 Modulprüfungen.....	22
§ 26 Mündliche Prüfungsleistungen	23
§ 27 Klausuren und Hausarbeiten	23
§ 28 Studienleistungen (Leistungsnachweise und Teilnahmenachweise)	24
§ 29 Studien- und Prüfungsleistungen im Nebenfach.....	25
§ 30 Die Abschlussarbeit	26
§ 31 Bewertung der Prüfungsleistungen, Bildung der Modulnoten	27
§ 32 Bestehen und Nichtbestehen; Notenbekanntgabe.....	28
§ 33 Wiederholung von Prüfungen	29
§ 34 Freiversuch.....	29
§ 35 Prüfungszeugnis	29
§ 36 Bachelor- beziehungsweise Masterurkunde.....	30
§ 37 Diploma-Supplement	30
Abschnitt IV: Bachelorstudium und Bachelorprüfung.....	30
§ 38 Voraussetzungen für die Zulassung zum Bachelorstudiengang	30
§ 39 Studienbeginn und Regelstudienzeit für das Bachelorstudium.....	31
§ 40 Struktur des Bachelorstudiengangs	31
§ 41 Sonderregelungen für den Schwerpunkt Informationstechnologie	31
§ 42 Umfang der Bachelorprüfung	32
§ 43 Bachelorarbeit	32
§ 44 Gesamtnote der Bachelorprüfung.....	32
§ 45 Endgültiges Nichtbestehen oder Abbruch der Bachelorprüfung	33

Abschnitt V: Masterstudium und Masterprüfung.....	34
§ 46 Sprachen des Masterstudiums	34
§ 47 Zulassung zum Masterstudiengang.....	34
§ 48 Studienbeginn und Regelstudienzeit für das Masterstudium.....	35
§ 49 Struktur des Masterstudiengangs	35
§ 50 Sonderregelungen für den Schwerpunkt Physik der Informationstechnologie	36
§ 51 Sonderregelungen für den Schwerpunkt Computational Physics	36
§ 52 Umfang der Masterprüfung	36
§ 53 Masterarbeit	37
§ 54 Gesamtnote der Masterprüfung.....	37
§ 55 Endgültiges Nichtbestehen	38
Abschnitt VI: Schlussbestimmungen	38
§ 56 Ungültigkeit von Prüfungen, Behebung von Prüfungsmängeln	38
§ 57 Prüfungsgebühren	39
§ 58 Einsicht in die Prüfungsunterlagen	39
§ 59 Einsprüche und Widersprüche gegen das Prüfungsverfahren und gegen Prüfungsentscheidungen	39
§ 60 In-Kraft-Treten und Übergangsbestimmungen	39
 Anhang 1a: Pflichtmodule für den Bachelorstudiengang	 41
Anhang 1b: Pflichtmodule für Physik mit dem Schwerpunkt „Informationstechnologie“ im Bachelorstudiengang.....	42
Anhang 2a: Pflichtmodule für den Masterstudiengang	43
Anhang 2b: Pflichtmodule für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt <i>Informationstechnologie</i>	43
Anhang 2c: Pflichtmodule für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>	44
Anhang 2d: Zusätzliche Wahlpflichtmodule für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>	45
Anhang 3: Nebenfächer.....	46
Anhang 4: Modulhandbuch	49

Abkürzungsverzeichnis

CP	<i>Credit Points</i> - Kreditpunkte
ECTS	<i>European Credit Transfer System</i>
GVBl.	Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen
HHG	Hessisches Hochschulgesetz und Gesetz zur Änderung des TUD-Gesetzes sowie weitere Rechtsvorschriften vom 14. Dezember 2009 (GVBl. 2009, Teil I, Nr. 22, S. 666)
HImmaVO	Hessische Immatrikulationsverordnung vom 24. Februar 2010, Teil I, Nr. 5, S. 94)
LN	Leistungsnachweise
PR	Praktikum
S	Seminar
StAnz.	Staatsanzeiger für das Land Hessen
SWS	Semesterwochenstunden
UE	Übung
V	Vorlesung

Abschnitt I: Allgemeines

§ 1 Rechtsgrundlage und Geltungsbereich der Ordnung, Zweck der Bachelor- bzw. Masterprüfung

- (1) Die vom Fachbereich Physik aufgrund des § 44 Abs. 1 Nr. 1 HHG am 24.04.2013 beschlossene Ordnung regelt unter Berücksichtigung des European Credit Transfer Systems die ordnungsgemäße Gestaltung des Studienverlaufs und beschreibt die Ziele und Inhalte sowie den Aufbau des Bachelorstudiengangs und des Masterstudiengangs Physik. Sie nennt sämtliche zur Erreichung des Bachelorabschlusses und des Masterabschlusses erforderlichen Studien- und Prüfungsleistungen. Der Masterstudiengang baut konsekutiv auf dem Bachelorstudiengang auf.
- (2) Die Prüfungen erfolgen kumulativ, das heißt als Summe von einzelnen Modulprüfungen und einer Abschlussarbeit. Es gibt keine Abschlussprüfungen. Die Summe der Modulprüfungen und die Abschlussarbeit bilden zusammen die Bachelorprüfung bzw. die Masterprüfung.
- (3) Der Erwerb des akademischen Grades „Bachelor of Science“ in Physik bildet einen ersten berufsqualifizierenden Abschluss des Studiums. Durch die damit verbundenen Prüfungen soll festgestellt werden, ob die oder der Studierende die für den ersten Übergang in die Berufspraxis erforderlichen grundlegenden Fachkenntnisse erworben hat, fachliche Zusammenhänge überblickt und die Fähigkeit besitzt, nach wissenschaftlichen Methoden zu arbeiten.
- (4) Die Masterprüfung bildet einen weiteren berufsqualifizierenden Abschluss des Studiengangs Physik. Durch die damit verbundenen Prüfungen wird festgestellt, ob der Prüfungskandidat oder die Prüfungskandidatin die vertieften Fachkenntnisse erworben hat, die ihn oder sie befähigen, nach wissenschaftlichen Grundsätzen selbständig zu arbeiten und wissenschaftliche Erkenntnisse anzuwenden.
- (5) Durch eine spezielle Gestaltung des Studiums kann sowohl im Bachelor- wie auch Masterstudiengang eine Zusatzqualifikation als Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“ erworben werden. Dies ersetzt den ehemaligen Studiengang „Physik der Informationstechnologie“. Näheres regeln § 41 und § 1.
- (6) Durch eine spezielle Gestaltung des Studiums kann im Masterstudiengang eine Zusatzqualifikation im Rahmen des „Schwerpunkts *Computational Physics*“ erworben werden. Dieser ersetzt den ehemaligen Studiengang „*Computational Science*“. Näheres regelt § 51.
- (7) Nach erfolgreichem Abschluss des Masterstudiums besteht die Möglichkeit zur Promotion. Für besonders geeignete Bachelorabsolventen ist ein Einstieg in die Promotion auch ohne Masterabschluss möglich. Näheres regelt die Promotionsordnung.

§ 2 Akademische Grade

- (1) Nach bestandener Bachelorprüfung verleiht der Fachbereich Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main den akademischen Grad „Bachelor of Science“ in Physik, abgekürzt B.Sc.
- (2) Nach bestandener Masterprüfung verleiht der Fachbereich Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität den akademischen Grad „Master of Science“ in Physik, abgekürzt: M.Sc. Der Fachbereich Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität stellt dem Absolventen bzw. der Absolventin eine Bescheinigung aus, dass der akademische Grad „Master of Science“ in Physik dem akademischen Grad „Diplom-Physiker“ bzw. „Diplom-Physikerin“ einer deutschen Universität gleichwertig ist.
- (3) Wenn die Zusatzqualifikationen im Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“ oder im Schwerpunkt Computational Physics erworben wurden, wird dies durch Zusätze auf dem Zeugnis, der Urkunde und dem Diploma-Supplement spezifiziert.

§ 3 Ziele des Physikstudiums

(1) **Charakterisierung und Abgrenzung des Fachs:** Physik ist die Wissenschaft von der Struktur, den Eigenschaften, den Zustands- und Bewegungsformen der Materie und Energie sowie den zugrunde liegenden Wechselwirkungen und Kräften und den dabei erhaltenen Größen. Als solche ist sie die materielle Grundlage sämtlicher Naturwissenschaften und aller technischen Disziplinen. Sie ist handlungsorientiert: sie erschöpft sich nicht in der abstrakten Kenntnis ihrer Inhalte und Methoden, sondern fordert die Fähigkeit nach deren experimenteller und theoretischer Umsetzung, Anwendung und Erweiterung.

Sie ist eine quantitative Wissenschaft: ihr Ziel ist die quantitativ reproduzierbare Beschreibung von Naturvorgängen und die Herstellung quantitativer Zusammenhänge zwischen verschiedenen Phänomenen und Phänomenklassen. Zur Erreichung dieser Ziele greift sie in hohem Maße auf den Methodenfundus der Mathematik zurück.

(2) **Wissenschaftsorientierte Studienziele:** Die Fülle ihrer Inhalte, Anwendungen und Wechselbezüge hat die Physik zu einer außerordentlich inhaltsreichen Wissenschaft gemacht, die von einer Einzelperson schon seit langem nicht in allen Details überblickt werden kann. Der kompetente Umgang mit ihr macht eine weitgehende Spezialisierung notwendig. Diese Spezialisierung muss allerdings über einem möglichst breiten Grundlagenfundament erfolgen.

Die durch die Wissenschaft bestimmten Studienziele leiten sich aus der Charakterisierung und Abgrenzung des Faches ab. So muss der gut ausgebildete Physiker oder die gut ausgebildete Physikerin auf dem Gebiet der Physik und möglichst auch ihrer Nachbarwissenschaften handlungskompetent sein; er oder sie muss die Ergebnisse seiner bzw. ihrer Wissenschaft kennen und zu beurteilen lernen.

Ein weiteres Ziel der Studiengänge im Fach Physik ist es, die Studierenden optimal auf die Anforderungen ihres späteren Berufs vorzubereiten. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das Studium sowohl einer Reihe von wissenschaftsimmanenten Anforderungen genügen, als auch auf die konkrete Struktur der späteren beruflichen Tätigkeit des Physikers oder der Physikerin Rücksicht nehmen.

Wegen der Breite der angesprochenen Aufgabenfelder müssen die Studierenden der Physik erlernen, sich im Berufsleben in kurzer Zeit zielsicher in ganz unterschiedliche Spezialgebiete einzuarbeiten, auch wenn diese nicht Gegenstand ihres Studiums waren. Diese Fähigkeit setzt das tiefgehende Verständnis und die sichere Beherrschung eines möglichst breiten Grundlagenfundus der Wissenschaft einschließlich ihrer Methodiken voraus. Diesem Ziel ist das Hauptaugenmerk des Studiums zu widmen.

Erst wenn die Grundlagen des Fachs verstanden worden sind, sind die Studierenden bereit und in der Lage, den Prozess der Spezialisierung auf ein Fachgebiet zu vollziehen und auf diesem Gebiet bis an die aktuelle Grenze des Wissens voranzuschreiten. Im Bachelorstudiengang erfolgt diese Spezialisierung in begrenztem Umfang durch Auswahl von Wahlpflichtmodulen aus den verschiedenen Spezialgebieten der Physik und durch die Bachelorarbeit, die eine abgegrenzte Einführung in die praktische Arbeit in einem der Forschungsgebiete des Fachbereiches bietet.

Die eigentliche Spezialisierung erfolgt dann in der Anfangsphase des Masterstudiums und kulminiert in der Masterarbeit, in der der oder die Studierende eigenständige Arbeit an einem aktuellen wissenschaftlichen Problem leistet. Aus diesem Grunde stellt die Anfertigung einer Masterarbeit eine ganz originäre Prüfungsleistung dar, die für die Ausbildung eines vollwertigen Physikers oder einer vollwertigen Physikerin unverzichtbar ist.

§ 4 Der Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“

(1) **Charakterisierung und Abgrenzung des Schwerpunktes:** Die Informationstechnologie befasst sich mit der Sammlung, Speicherung, Übertragung und Verarbeitung von Information sowie den hierfür benötigten Techniken (Hard- und Software). Sie stellt eine Querschnittstechnologie dar, die Elemente der Physik, Elektrotechnik und Informatik vereinigt. Als eine Schlüsseltechnologie betrifft und gestaltet sie viele Bereiche des Lebens und stellt

einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor dar. Der Bezug zur Physik ist ausgeprägt, da viele technische Umwälzungen auf den Ergebnissen physikalischer Forschung beruhen. Beispiele sind optische Speicher- und Übertragungstechniken, Nanoelektronik und Spintronik, Bionik und die Quanteninformationsverarbeitung.

Aus diesen Forschungsergebnissen entstehen im Zusammenwirken von Physik, Elektrotechnik und Informatik neue Baukomponenten und Verfahrensweisen der Informationstechnologie. Von Informatikern und Ingenieuren der Elektrotechnik unterscheidet sich der Physiker wesentlich durch seine in die Tiefe gehende Ausbildung in der Quantenmechanik, die es ihm ermöglicht, sich mit den Auswirkungen und Anwendungsmöglichkeiten der Quantenmechanik in der Technik zu befassen. Aber auch das Verständnis und die Beherrschung nichtlinearer komplexer Phänomene und selbstorganisierter Systeme stellen eine Domäne der Physik dar.

Die Arbeit vieler Physiker steht mit der Informationstechnologie in enger Wechselwirkung. Zum einen sind - allein schon aufgrund der außerordentlich hohen wirtschaftlichen Bedeutung der Informationstechnologie - viele Physiker in Forschung und Entwicklung mit Themen befasst, die die Weiterentwicklung der Informationstechnologie und ihrer Anwendung direkt betreffen. Zum anderen sind Physiker in praktisch allen heute relevanten Arbeitsgebieten Anwender von neuen und neuesten Entwicklungen der Elektrotechnik und Informatik. Der Fachbereich Physik erkennt daher einen Bedarf für ein informationstechnologisches Schwerpunktprogramm in der Physikausbildung und bietet dieses in Kooperation mit dem Fachbereich Informatik an.

(2) Wissenschaftsorientierte Studienziele: Im Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“ werden Kenntnisse und Fähigkeiten vermittelt, die die Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs zur beruflichen Tätigkeit als Physiker im interdisziplinären Wirkungsgebiet von Physik, Informatik und Informationstechnik (Elektrotechnik) befähigen.

Der Studiengang Physik mit Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“ zielt auf ein aktuelles Berufsfeld mit nachhaltiger Bedeutung und bereitet mit einer innovativen Kombination fachübergreifender Lehrinhalte auf dieses Berufsfeld vor.

- Neben einer grundlagenorientierten und darin bewusst breit angelegten Ausbildung in Physik vermittelt der Studiengang mit diesem Schwerpunkt in strukturierter Weise ausgewähltes Grundlagenwissen der Informatik und vertieft dies speziell auf den Gebieten, die für die Informationstechnologie von besonderem Interesse sind. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die Informatik die Arbeitsbedingungen des Physikers in Forschung und Praxis entscheidend mitprägt. Das Ausbildungsziel kann schlagwortartig mit der Formel *Physik und Informatik* umrissen werden. Dementsprechend wendet sich der Studiengang Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie an Personen, die Physik in der vollen Breite studieren und dabei aber auch vertiefte Kenntnisse der Informatik erwerben wollen.
- Es werden die der Informationstechnologie zu Grunde liegenden physikalischen Konzepte, ergänzt durch eine zielgerichtete Auswahl von Grundlagen der genannten Nachbardisziplinen, vermittelt. Dieses Studienziel kann mit der Formel *Physikalische Grundlagen der Informationstechnik* umrissen werden.
- Dementsprechend wendet sich der Studiengang Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie an Personen, die sich eine anwendungsbezogene Studiengestaltung mit starkem Bezug zu den neuesten Entwicklungen der Informationstechnologie wünschen. Beispielsweise könnte dies aufgrund eines besonderen Interesses für die quantenphysikalischen Phänomene geschehen, die der modernen Informationstechnologie zu Grunde liegen.
- Der Studiengang Physik mit Schwerpunkt „Physik der Informationstechnologie“ wendet sich aber auch an Personen, die primär der Informatik oder der Informationstechnik zugeneigt sind, aber mehr über die physikalischen Grundlagen erfahren wollen und sich für die faszinierenden Anwendungsmöglichkeiten der modernen Physik in diesem Gebiet begeistern können.

§ 5 Der Schwerpunkt Computational Physics

(1) **Charakterisierung und Abgrenzung des Schwerpunktes:** Für Forschung und Entwicklung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, aber auch für die Finanzmathematik, spielt die Bewältigung komplexer numerischer Aufgaben eine zunehmend wichtigere Rolle. Dazu sind, neben der Verfügbarkeit von leistungsfähigen Rechenanlagen, in aller Regel Kenntnisse und Fertigkeiten aus verschiedenen Disziplinen gefordert: Für sich allein genommen reichen weder die Beherrschung des jeweiligen fachlichen Kontextes, noch die der involvierten Mathematik oder die von effizienten Programmiertechniken aus. Erst das optimale Zusammenwirken dieser Komponenten erlaubt die Bearbeitung vieler wissenschaftlich-technischer und finanzmathematischer Problemstellungen.

Dies gilt in besonderem Maße für die Physik. Die Auswertung der Grundgleichungen vieler physikalischer Theorien (gerade im Bereich von Vielteilchensystemen) und damit die Verifikation der Theorien und der physikalischen Vorstellungen über die untersuchten Systeme erweisen sich als numerisch extrem aufwändig. Aber auch das Design komplexer Experimente beruht ganz wesentlich auf der numerischen Simulation der erwarteten Prozesse. Der Schwerpunkt *Computational Physics* kombiniert daher die mathematische Modellbildung in einem physikalischen Rahmen mit der computergestützten Simulation des Modells. Dabei wird gleichermaßen Wert auf die Vermittlung der Konzepte und Modelle, die wissenschaftlichem Rechnen vorangehen bzw. dieses erst möglich machen, gelegt, wie auf die von Kernkompetenzen in numerischer Mathematik und Informatik. Ziel des Schwerpunkts *Computational Physics* ist es, Studierenden die Kompetenz für eine in hohem Maße computergestützte Forschungs- oder Entwicklungstätigkeit zu vermitteln.

Ebenso große Bedeutung hat wissenschaftliches Rechnen auch für die theoretische Meteorologie und Klimaforschung, die Geophysik einschließlich Kristallographie und die Neurowissenschaften. In diesen, der Physik nahen Gebieten kommt das gleiche Werkzeug der numerischen Mathematik und Informatik zum Einsatz, häufig sind zudem sehr ähnliche Modelle wie in manchen Bereichen der Physik zu simulieren. Daher liegt eine gemeinsame, interdisziplinäre Ausbildung von geeigneten, theoretisch orientierten Bachelorabsolventen und -absolventinnen dieser Fächer mit Physiker/innen im Rahmen des Schwerpunkts *Computational Physics* nahe. Gleichzeitig eröffnet die Einbeziehung dieser Disziplinen in den Schwerpunkt Physik-Studierenden zusätzliche Optionen zur fachlichen Spezialisierung.

(2) **Wissenschaftsorientierte Studienziele:** Im Schwerpunkt *Computational Physics* werden Kenntnisse und Fertigkeiten vermittelt, die seine Absolventinnen und Absolventen zu einer beruflichen Tätigkeit beispielsweise als theoretische Physiker/innen, Meteorologen/innen, Geophysiker/innen oder Neurowissenschaftler/innen in einem fachlich wie personell heterogenen Umfeld befähigen. Das Studium ermöglicht das wissenschaftliche Arbeiten insbesondere auf allen Feldern, in denen komplexe mathematische Modelle zur Simulation realer Strukturen oder Abläufe in Natur, Technik oder Gesellschaft eingesetzt werden. Durch den Studiengang wird die Befähigung erworben, im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens selbstständig und verantwortlich beruflich tätig zu werden: Der Master in Physik mit Schwerpunkt *Computational Physics* ist nach selbstständiger Einarbeitung in der Lage, zur naturwissenschaftlichen und technischen Entwicklung beizutragen und den sich wandelnden Anforderungen von Beruf und Gesellschaft auch im internationalen Rahmen gerecht zu werden.

Der Schwerpunkt *Computational Physics* zielt auf ein aktuelles Berufsfeld von zunehmender Bedeutung und bereitet mit einer geeigneten Kombination fachübergreifender Lehrinhalte auf dieses Berufsfeld vor.

- Der Schwerpunkt ergänzt auf der einen Seite die grundlagenorientierte und breit angelegte Ausbildung von naturwissenschaftlichen Bachelorabsolventen im Rahmen des vorangegangenen Bachelorstudiums, indem er die Studierenden über eine Schritt für Schritt zunehmende fachliche Spezialisierung an den aktuellen Stand der jeweiligen Wissenschaft heranführt. Er leistet diesbezüglich grundsätzlich die gleiche Fachausbildung wie ein entsprechendes Masterstudium in dem jeweiligen naturwissenschaftlichen Fach, allerdings beschränkt auf den theoretischen Zweig.

Auf der anderen Seite vermittelt der Schwerpunkt in strukturierter Weise ausgewähltes Grundlagenwissen der numerischen Mathematik und Informatik und vertieft dieses speziell auf den Gebieten, die in Naturwis-

senschaft und Technik von besonderem Interesse sind. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die numerische Simulation mathematischer Modelle den Alltag von theoretisch arbeitenden Naturwissenschaftlern in Forschung und Praxis weitgehend dominiert. Dementsprechend wendet sich der Schwerpunkt zum einen an Naturwissenschaftler, die sich für eine anschließende Tätigkeit im Rahmen ihres Herkunftsfaches das moderne und häufig unverzichtbare Handwerkszeug des *Scientific Computing* aneignen wollen.

- Durch die relativ breite methodische Ausbildung in numerischer Mathematik und Informatik sowie das interdisziplinäre Curriculum wird ein hohes Maß an Flexibilität bei der Einsatzfähigkeit der Absolventinnen und Absolventen sichergestellt. Der Master in Physik mit Schwerpunkt *Computational Physics* ist ein Generalist, was ihm den Quereinstieg in fachferne Berufsfelder erlaubt. Er hat erlernt, sich in kurzer Zeit zielsicher in ganz unterschiedliche Gebiete einzuarbeiten. Der Schwerpunkt wendet sich daher auch an Studierende, die primär eine methodische Ausbildung suchen, um sie anschließend in einem nicht-naturwissenschaftlich-technischen Umfeld zum Einsatz zu bringen.

§ 6 Berufliche Perspektiven

Der akademische Grad „Bachelor“ bildet einen ersten international anerkannten, berufsqualifizierenden Abschluss, der die Befähigung eines Absolventen oder einer Absolventin nachweist, wissenschaftliche Methoden der Physik in der Berufspraxis anzuwenden.

Durch den sich anschließenden Studiengang mit dem Abschluss „Master of Science“ wird zusätzlich die Fähigkeit zu selbständiger Anwendung und Fortentwicklung physikalischer Methoden erworben. Der Absolvent oder die Absolventin mit dem Abschluss „*Master of Science*“ in Physik ist in der Lage, zur naturwissenschaftlichen und technischen Entwicklung auf dem jeweiligen Gebiet selbständig beizutragen und den sich wandelnden Anforderungen von Beruf und Gesellschaft auch im internationalen Rahmen gerecht zu werden. Darüber hinaus qualifiziert der Abschluss des Masterstudiums zur Aufnahme eines Promotionsstudiums.

Für Absolventen und Absolventinnen des Masterstudiengangs eröffnen sich die seit jeher vielfältigen Berufsperspektiven des Physikers. Als Generalisten sind Physiker und Physikerinnen schon immer auch in benachbarten Disziplinen der Naturwissenschaften und der Technik und selbst in fachfernen Gebieten begehrte Fachkräfte mit sehr guten Aufstiegschancen gewesen. Sie waren und sind in vielen Arbeitsgebieten wegen ihrer Flexibilität, ihrer breiten Grundlagenkenntnisse und ihrer analytischen Fähigkeiten gefragt. Mit den in den Studiengängen im Fach Physik vermittelten gezielt zusammengestellten Kombinationen von physikalischen Kenntnissen wird die Grundlage für das Arbeiten in der physiknahen Forschung und Entwicklung sowie in benachbarten Disziplinen vermittelt.

Die Tätigkeitsfelder der Masterabsolventen oder -absolventinnen sind ähnlich denen der Diplomphysiker und –physikerinnen entsprechend der Vielseitigkeit der Wissenschaft außerordentlich weitgespannt. Außer in Tätigkeiten mit engerem Fachbezug, wie z. B.

- als **Forscher oder Forscherinnen** an Hochschulen, öffentlichen Forschungseinrichtungen und Industrielabors,
- als **Lehrer oder Lehrerinnen** an Fachschulen, Fachhochschulen und Universitäten, und
- **Mitarbeit oder selbständige Tätigkeit** in Entwicklung, Produktion, Vertrieb, Betriebs- und Verfahrenstechnik in Industrie und Wirtschaft,

gehören dazu in zunehmendem Maße viele andere Gebiete, wie z.B.

- der medizinische Bereich,
- die öffentliche Verwaltung,
- das Management, insbesondere zur Entwicklung komplizierter quantitativer Entscheidungsmodelle,
- das Bankenwesen und die Börsen,

- die Systemanalyse,
- das Feld der Datenverarbeitung und –analyse,
- das Patentwesen,
- die Unternehmensberatungen.

Was sie für derartige Tätigkeiten qualifiziert, ist neben reinen Fachkenntnissen und dem ausgeprägten Verständnis komplexer, technischer wie organisatorischer Zusammenhänge, insbesondere das durch den Umgang mit den Fakten und Methoden einer „strengen Wissenschaft“ geschulte, weitgehend an sachlichen Erfordernissen orientierte Urteilsvermögen.

Hierbei ist im Besonderen auch an ein fundiertes Urteil über die Konsequenzen und Gesellschaftsverträglichkeit naturwissenschaftlicher Innovationen zu denken. Die Entwicklung eines solchen Urteilsvermögens ist wichtiges didaktisches Ziel des Physikstudiums. Die konsequente Verfolgung der wissenschaftsorientierten Studienziele im Zusammenhang mit einer bewussten Auswahl der verschiedenen möglichen Wahlpflichtmodule sollte zum Erwerb dieser Fähigkeiten beitragen.

Der Schwerpunkt ***Physik der Informationstechnologie*** legt die Grundlage für berufliche Tätigkeiten an der Schnittstelle von physikalischen und informationstechnischen Inhalten. Bisher haben sich Physiker die notwendigen Kenntnisse der Informatik häufig nebenbei angeeignet. Der Schwerpunkt ***Physik der Informationstechnologie*** bietet demgegenüber eine systematische Ausbildung in theoretischen und praxisbezogenen Inhalten der Informatik und qualifiziert damit in einer besonders soliden und für Arbeitgeber nachvollziehbaren Weise.

Absolventen dieses Schwerpunktes finden Betätigungsfelder in der Physik, aber auch außerhalb, z.B. in den Bereichen

- Elektrotechnik (Mikroelektronik, Speichertechnik, Displaytechnik, Sensorik, Giga- und Terahertztechnik, optische Nachrichtentechnik, etc.),
- moderne Informatik und Kommunikationstechnik (Multimedia, mobile Kommunikation, Teraflop-Computing, Quanteninformationsverarbeitung, etc.),
- Systemtechnik und Mikrosystemtechnik,
- Medizintechnik,
- Bionik (hier speziell die Informationsbionik, die sich mit dem Verstehen und der Übertragung physikalischer Prinzipien und Verfahrensweisen der Natur in technisch-physikalische Systeme im Bereich der Informationstechnologie befasst).

Für Absolventinnen und Absolventen des Schwerpunkts ***Computational Physics*** eröffnen sich vielfältige Berufsperspektiven in einer ganzen Reihe unterschiedlicher Wirtschaftszweige. Sie bringen zum einen vertiefte Kenntnisse in ihrem jeweiligen Spezialfach mit, die in den methodisch orientierten Disziplinen Mathematik und Informatik nicht oder nur in geringem Umfang angesprochen werden. Gleichzeitig verfügen diese Absolventinnen und Absolventen über eine breitere Methodenausbildung als die Absolventinnen und Absolventen traditioneller naturwissenschaftlicher Studiengänge. Die resultierende Breite erhöht die Flexibilität der Absolventinnen und Absolventen in der Auswahl ihrer Betätigungsfelder außerhalb der Grundlagenforschung in den jeweiligen Fachgebieten. Im Folgenden werden einige exemplarische Beispiele für diese Arbeitsfelder genannt:

- Chemische und pharmazeutische Industrie: Die Synthese neuartiger Materialien und insbesondere pharmazeutischer Wirkstoffe (drug design) beginnt immer häufiger mit umfangreichen Computersimulationen, um die für die Zielsetzung geeignetsten Klassen von Verbindungen zu identifizieren. Verglichen mit experimentellen Studien führt die Simulation von Verbindungen und chemischen Prozessen zu einer Reduktion des finanziellen Aufwands, was wesentlich ausgiebigere Studien erlaubt.
- Flugzeug- und Fahrzeugbau: Einer der aufwändigsten und kostenträchtigsten Schritte bei der Entwicklung neuer Fahr- oder Flugzeuge ist die Untersuchung ihrer Aerodynamik und ihrer elastischen Eigenschaften.

Mittlerweile werden an vielen Stellen dafür Simulationsprogramme eingesetzt.

- Genforschung: Die Analyse des menschlichen Genoms ist ein herausragendes Beispiel für die massiv computergestützte Forschung im privatwirtschaftlichen Sektor. Es ist zu erwarten, dass der Bedarf an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in diesem Bereich in den kommenden Jahren noch ansteigt.
- Versicherungswirtschaft, Banken, Investmentbanking: Sowohl im Bereich der Versicherungswirtschaft als auch in Banken spielt die computergestützte Auswertung finanzmathematischer Modelle eine zunehmende Rolle. Dabei steht in beiden Fällen die Simulation stochastischer Prozesse im Vordergrund, etwa zur Abschätzung von Schadenseintrittswahrscheinlichkeiten, bei der Erstellung von Risikoprofilen für Depots oder der Bewertung des Fair Value von Derivaten und entsprechender Absicherungsstrategien durch geeignete Gegengeschäfte. Die numerischen Methoden, die dabei zur Anwendung kommen, sind exakt die gleichen, die auch im naturwissenschaftlichen Forschungskontext benötigt werden.
- Rückversicherungswirtschaft, öffentliche Verwaltung: Für die Rückversicherungswirtschaft, aber auch auf der politischen Ebene, spielt die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Katastrophen und deren Konsequenzen eine zunehmende Rolle. Das Gleiche gilt für die Klimaentwicklung. In beiden Fällen kommt wissenschaftliches Rechnen zum Einsatz.
- Wetterdienst: Eine anspruchsvolle und aktuelle Aufgabe im Bereich Computersimulation ist die Vorhersage der mittel- bis langfristigen Wetterentwicklung, die Prognosezeiten von circa 4 bis 12 Tagen umfasst. Die Absolventinnen und Absolventen des Schwerpunkts Computational Physics können auch die erforderlichen Kenntnisse für eine berufliche Tätigkeit auf dem Gebiet der numerischen Wettervorhersage erwerben, und zwar sowohl großskalige als auch mesoskalige Phänomene betreffend.

§ 7 Schlüsselqualifikationen

Die Bachelor- und Masterstudiengänge im Fach Physik vermitteln den Studierenden nicht nur fachwissenschaftliche Kenntnisse sondern auch Fähigkeiten, die für die heutige Berufswelt wichtig sind:

Teamarbeit: In allen physikalischen Praktika werden die Versuche jeweils von zwei Studierenden gemeinsam durchgeführt und protokolliert. Die Bachelor- und Masterarbeiten werden meist in einem Team aus Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen durchgeführt. Kooperation und Kommunikation – oft auch über Landesgrenzen hinweg – sind dabei unerlässlich.

Präsentation: In vielen Übungen, Seminaren und Praktika müssen die Studierenden die erarbeiteten physikalischen Inhalte darstellen. Auch die wissenschaftlichen Resultate der Abschlussarbeiten werden häufig auf nationalen und internationalen Konferenzen vorgetragen bzw. in Form von Postern präsentiert. Das Ausarbeiten von multimedialen Präsentationen gehört ebenfalls zu der Ausbildung der Studierenden.

Projektbetreuung: Während der Masterarbeit arbeiten die Studierenden in Forschungsprojekten mit, die häufig über Drittmittel (DFG, EU, BMBF, Industrie) finanziert werden. Um solche Finanzmittel zu erlangen, müssen Anträge, Zwischen- und Abschlussberichte geschrieben werden. Mit ihren Beiträgen erlernen die Studierenden das Erstellen von Berichten ebenso wie die Verwaltung der Forschungsgelder. Auch die Bestellung der notwendigen Komponenten und Geräte sowie die Verhandlungen mit konkurrierenden Anbietern oder Anbieterinnen gehört zu diesem Aufgabenbereich.

Konstruktion: Oftmals stehen für Forschungsvorhaben zunächst keine geeigneten Geräte zur Verfügung, sind kommerziell nicht erhältlich oder zu kostenintensiv. Durch Neukonzeption oder Kombination von vorhandenen Apparaturen - dies erfordert ein hohes Maß an Improvisation und Kreativität - lassen sich dann die erwünschten Messungen durchführen. Auch in den mechanischen und elektronischen Werkstätten der Institute können Apparaturen entwickelt und aufgebaut werden; die Konstruktionsvorschläge stammen dabei von den Studierenden, die bei dieser Tätigkeit mit Mitarbeitern oder Mitarbeiterinnen der technischen Einrichtungen kooperieren.

Rechnerunterstützung, Recherche: Heute werden die meisten experimentellen Aufbauten über Rechner gesteuert, ebenso erfolgt die Datenerfassung und -verarbeitung über Computer. Der Umgang mit Rechnern ist sowohl in der experimentellen als auch theoretischen Physik unerlässlich. Die Recherche in Forschungsfeldern, in der Fachliteratur und in Datenbanken (Patentwesen) erfolgt heute vorzugsweise über Rechner.

Zusätzlich wird der Erwerb von Schlüsselqualifikationen durch besondere Veranstaltungen im Rahmen der Wahlpflichtmodule (§ 12) unterstützt (Module VPFEI1 und VPFEI2). Das Nähere regeln § 40 Abs. 4 bzw. § 49 Abs. 4. Außerdem können fachübergreifende *Soft Skill*-Veranstaltungen der Goethe-Universität wahrgenommen werden.

§ 8 Nützliche Voraussetzungen für die Physikstudiengänge

(1) Es ist nützlich und kann den Studienbeginn erleichtern, wenn in der gymnasialen Oberstufe die Fächer Physik und Mathematik als Leistungs- oder Grundkurs belegt worden sind.

(2) Zum Studium der Physik sind gute Englischkenntnisse erforderlich, da ein Teil der Wahlpflichtmodule in englischer Sprache abgehalten wird und die aktuelle Forschungsliteratur nahezu ausschließlich in Englisch vorliegt. Daneben sind Vorkenntnisse auf dem Gebiet der elektronischen Datenverarbeitung nützlich und hilfreich.

§ 9 Studienberatung; Orientierungsveranstaltung; Vorlesungsverzeichnis

(1) Die Studierenden haben die Möglichkeit, während des gesamten Studienverlaufs die Studienfachberatung des Fachbereichs aufzusuchen. Die Studienfachberatung erfolgt durch von der Studiendekanin oder dem Studiendekan des Fachbereichs beauftragte Personen. Im Rahmen der Studienfachberatung erhalten die Studierenden Unterstützung insbesondere in Fragen der Studiengestaltung, der Studientechnik und der Wahl der Lehrveranstaltungen. Die Studienfachberatung sollte insbesondere in Anspruch genommen werden:

- zu Beginn des ersten Semesters
- bei Nichtbestehen von Prüfungen und bei gescheiterten Versuchen, erforderliche Leistungsnachweise zu erwerben
- bei Schwierigkeiten in einzelnen Lehrveranstaltungen
- bei Studiengangs- bzw. Hochschulwechsel

(2) Neben der Studienfachberatung steht den Studierenden die Zentrale Studienberatung der Johann Wolfgang Goethe-Universität zur Verfügung. Sie unterrichtet als allgemeine Studienberatung über Studiermöglichkeiten, Inhalte, Aufbau und Anforderungen eines Studiums und berät bei studienbezogenen persönlichen Schwierigkeiten.

(3) Zu Beginn der Vorlesungszeit eines jeden Semesters, in dem Studierende ihr Studium aufnehmen können, findet eine Orientierungsveranstaltung statt, zu der die Studienanfängerinnen und Studienanfänger durch Aushang oder anderweitig eingeladen werden. In dieser wird über die Struktur und den Gesamtaufbau des Studiengangs und über semesterspezifische Besonderheiten informiert. Den Studierenden wird Gelegenheit gegeben, insbesondere die Studienorganisation betreffende Fragen zu klären.

(4) Die Institute informieren regelmäßig über die möglichen Themengebiete für Bachelor- und Masterarbeiten.

(5) Der Fachbereich erstellt auf der Basis der Modulbeschreibungen und des Studienverlaufsplans für jeden Studiengang im Rahmen eines EDV-unterstützten Systems und/oder in Druckform ein kommentiertes Modul- und Veranstaltungsverzeichnis, das in der letzten Vorlesungswoche des vorangehenden Semesters erscheinen soll. Es enthält insbesondere auch Informationen zu den Dozenten, Hinweise auf Termine und Fristen zu Prüfungen, gegebenenfalls Anmeldefristen für Lehrveranstaltungen, Angaben zu den einzelnen Lehrveranstaltungen der Module sowie zum Zugang zu den Lehrveranstaltungen für Studierende anderer Studiengänge.

Abschnitt II: Beginn, Ablauf und Organisation des Studiums

§ 10 Studien- und Prüfungsaufbau; Module und Kreditpunkte (CP)

- (1) Das Bachelorstudium und das Masterstudium sind jeweils modular aufgebaut. Ein Modul ist eine inhaltlich zusammengehörende Lehr- und Lerneinheit. Der Umfang an Semesterwochenstunden (SWS) der Module und ihre Studieninhalte sind im Modulhandbuch festgelegt.
- (2) Die Bachelor- bzw. die Masterprüfung erfolgt studienbegleitend. Für den erfolgreichen Abschluss der Bachelorprüfung bzw. der Masterprüfung sind Studien- und Prüfungsleistungen zu den Modulen nach Maßgabe der Anhänge 1a und 1b sowie dem Modulhandbuch zu erbringen. Dabei wird unterschieden zwischen Pflichtmodulen, die auf jeden Fall absolviert werden müssen, und Wahlpflichtmodulen. Wahlpflichtmodule sind in einem vorgeschriebenen Umfang einzubringen, wobei aber die einzelnen Module aus einem Katalog frei wählbar sind. Jedes Modul wird nach Maßgabe der Modulbeschreibung durch eine Modulprüfung oder durch eine oder mehrere Studienleistungen abgeschlossen. Eine Modulprüfung besteht in der Regel aus einer Prüfungsleistung zum Abschluss des Moduls, sie kann nach Maßgabe des Modulhandbuchs auch aus einer Kumulation mehrerer Modulteilprüfungen bestehen. Die Bachelorprüfung umfasst zusätzlich die Bachelorarbeit, die Masterprüfung zusätzlich die Masterarbeit.
- (3) Nach erfolgreichem Abschluss eines Moduls werden unabhängig von der für das Modul erzielten Note Kreditpunkte (CP) auf der Basis des European Credit Transfer Systems (ECTS) vergeben. CP kennzeichnen den studentischen Arbeitsaufwand für ein Modul, der in der Regel tatsächlich notwendig ist, um die jeweiligen Anforderungen zu erfüllen und das Lernziel zu erreichen. Sie umfassen neben der Teilnahme an den zu einem Modul gehörenden Lehrveranstaltungen einschließlich außeruniversitärer Praktika auch die gesamte Vor- und Nachbereitung des Lehrstoffs, die Vorbereitung und Ausarbeitung eigener Beiträge, die Vorbereitung auf und die Teilnahme an Leistungskontrollen. Ein CP entspricht einem studentischen Arbeitsaufwand von 30 Stunden. Für ein Vollzeitstudium sind pro Semester im Durchschnitt 30 CP vorgesehen. Die zu vergebenden CP sind in den Anhängen 1a, 1b, 2a, 2b, 2c und 2d sowie im Modulhandbuch angegeben.
- (4) Für jede Studierende und jeden Studierenden des Studiengangs wird beim Prüfungsamt ein Kreditpunktekonto eingerichtet. Im Rahmen der organisatorischen Möglichkeiten kann die oder der Studierende jederzeit in den Stand des Kontos Einblick nehmen.
- (5) Es ist empfehlenswert, im Verlauf des Studiums – spätestens während des Masterstudiums - für mindestens ein Semester an einer Universität im Ausland zu studieren. Dafür können die Verbindungen der Goethe-Universität mit ausländischen Universitäten genutzt werden, über die in den Studienfachberatungen Auskunft erteilt wird. Die Anerkennung von Studiensemestern an ausländischen Universitäten und dabei erbrachte Leistungen erfolgt nach Maßgabe von § 14.
- (6) Die Bachelorprüfung ist erfolgreich abgeschlossen, wenn in den vorgeschriebenen Modulen insgesamt mindestens 180 CP nachgewiesen sind. Für den erfolgreichen Abschluss der Masterprüfung sind mindestens 120 CP in den vorgeschriebenen Modulen zu erbringen.
- (7) Die Studierenden haben die Möglichkeit, sich innerhalb ihres Studiengangs nach Maßgabe freier Plätze weiteren als den in der Ordnung des Studiengangs vorgeschriebenen Modulen einer Prüfung oder Leistungskontrolle zu unterziehen (Zusatzmodule). Das Ergebnis der Prüfung wird bei der Bildung der Gesamtnote für die Bachelor- oder Masterprüfung nicht mit einbezogen.

§ 11 Lehr- und Lernformen

- *Vorlesung*: Zusammenhängende Darstellung und Vermittlung von Grund- und Spezialwissen sowie methodische Kenntnisse durch Vortrag, gegebenenfalls in Verbindung mit Demonstrationen oder Experimenten. Die Lehrenden entwickeln und vermitteln die Lehrinhalte unter Einbeziehung der Studierenden.
- *Übung*: Durcharbeitung und Vertiefung von Lehrstoffen sowie Schulung in der Fachmethodik und Vermittlung spezieller Fertigkeiten durch Bearbeitung und Besprechung exemplarischer Aufgaben.
- *Proseminar/Seminar*: Erarbeitung wissenschaftlicher Erkenntnisse oder Bearbeitung aktueller Problemstellungen mit wissenschaftlichen Methoden durch in der Regel von Studierenden vorbereitete Beiträge, Erlernen und Einüben bzw. Vertiefen von Präsentations- und Diskussionstechniken.
- *Praktikum*: Angeleitete Durchführung praktischer Aufgaben im experimentellen und apparativen Bereich und/oder Computersimulationen; Schulung in der Anwendung wissenschaftlicher Untersuchungs- und Lösungsmethoden; Vermittlung von fachtechnischen Fertigkeiten und Einsichten in Funktionsabläufe.
- *Projekt*: Erarbeitung von Konzepten sowie Realisierung von Lösungen komplexer, praxisnaher Aufgabenstellungen im Team, Vermittlung sozialer Kompetenz durch weitgehend selbständige Bearbeitung der Aufgabe durch die Gruppe bei gleichzeitiger fachlicher und arbeitsmethodischer Anleitung.
- *Exkursion*: Vorbereitete Veranstaltung außerhalb der Hochschule.
- *Berufspraktikum*: Erfahrung berufspraktischen Arbeitens durch aktive Teilnahme, in der Regel außerhalb der Hochschule (Praxistelle) unter Anleitung vor Ort und in der Regel mit fachlicher und methodischer Begleitung durch eine Lehrperson.

Diese Lehrformen können durch die Verwendung elektronischer Medien (E-Learning) ergänzt werden.

§ 12 Wahlpflichtmodule

- (1) Die für die Bachelor- bzw. Masterprüfung möglichen Wahlpflichtmodule sind im Modulhandbuch aufgeführt.
- (2) Ein im Modulhandbuch nicht aufgeführtes Wahlpflichtmodul kann im Einzelfall vom Prüfungsausschuss als Wahlpflichtmodul zugelassen werden, wenn es in Umfang und in Anforderungen den nach dieser Ordnung zugelassenen Wahlpflichtmodulen vergleichbar ist. Für die Zulassung eines solchen ist rechtzeitig ein von einem Prüfenden oder einer Prüfenden dieses Bereichs festgelegter Studienplan, dem der Studiendekan oder die Studiendekanin des zuständigen Fachbereichs zugestimmt hat, vorzulegen. Dieser muss entsprechend dem Modulhandbuch die für das Wahlpflichtmodul zu erbringenden Prüfungsleistungen (und ggf. Studienleistungen) enthalten. Ein im Modulhandbuch nicht aufgeführtes Wahlpflichtmodul kann nur zugelassen werden, wenn es sich inhaltlich nicht nur geringfügig von den im Modulhandbuch geregelten Wahlpflichtmodulen unterscheidet. Um dem Fortschritt der Wissenschaft Rechnung zu tragen, kann aber ein bestehendes Wahlpflichtmodul vom Prüfungsausschuss inhaltlich angepasst werden, soweit sein Umfang und wesentlicher Inhalt nicht berührt werden.
- (3) Die Wählbarkeit von Wahlpflichtmodulen nach Abs. 1 kann bei fehlender Kapazität durch Beschluss des Fachbereichsrates eingeschränkt werden. Die Einschränkung wird den Studierenden rechtzeitig durch Aushang am Prüfungsamt und im Internet bekannt gegeben.
- (4) Die einzelnen Wahlpflichtmodule werden durch Studienleistungen abgeschlossen, die in der Regel unbenotet sind. Nach Wahl der oder des Studierenden können einzelne Wahlpflichtmodule durch mündliche Prüfungen in die Gesamtnote eingehen. Genauerer regelt § 44 Abs. 1 für den Bachelor- und § 54 für den Masterstudiengang. Ausnahmen von der mündlichen Prüfungsform sind in den Modulbeschreibungen geregelt.
- (5) Wahlpflichtveranstaltungen zu Schlüsselqualifikationen sind stets unbenotet.

§ 13 Befristung der Prüfungen und Teilzeitstudium

(1) Hat ein Studierender oder eine Studierende im Bachelor- oder Masterstudiengang innerhalb von jeweils zwei Semestern noch nicht 26 CP erworben, so kann er oder sie zu einer verpflichtenden Studienberatung eingeladen werden. Handelt es sich um die ersten beiden Studiensemester, muss dazu eingeladen werden. Danach kann der Prüfungsausschuss nach Anhörung Fristen für die weiteren Prüfungen setzen und Auflagen erteilen.

(2) Das Bachelorstudium ist nach Maßgabe des Landesrechts ganz oder teilweise als Teilzeitstudium möglich. Sofern die Ordnung für die Studiengänge Fristen für die erstmalige Erbringung einer Prüfungsleistung vorsehen, sind diese Fristen für Teilzeitstudierende auf Antrag entsprechend zu verlängern. Der Antrag auf Fristverlängerung ist vor Ablauf der Frist zu stellen. Bei Teilzeitstudium besteht kein Anspruch auf Bereitstellung eines besonderen Lehr- und Studienangebotes.

§ 14 Anrechnung von Studienzeiten, Studienleistungen und Prüfungsleistungen

(1) Bei einem Wechsel von einem modularisierten Studiengang an einer Hochschule in der Bundesrepublik Deutschland werden abgeschlossene Module in der Regel angerechnet. Module werden nicht angerechnet, wenn sie weitgehend nicht dieselben Lern- und Qualifikationsziele vermitteln. Dabei ist kein schematischer Vergleich, sondern eine Gesamtbetrachtung und Gesamtbewertung von Inhalt, Umfang und Anforderungen vorzunehmen. Die Beweislast für die fehlende Gleichwertigkeit trägt der Prüfungsausschuss.

(2) Abs.1 findet entsprechende Anwendung auf die Anrechnung von Modulen aus modularisierten sowie einzelnen Leistungsnachweisen aus nicht-modularisierten Studiengängen an ausländischen Hochschulen. Dabei sind die von der Kultusministerkonferenz und der Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen sowie Absprachen im Rahmen von Hochschulpartnerschaftsverträgen zu beachten. Soweit Äquivalenzvereinbarungen nicht vorliegen, entscheidet der Prüfungsausschuss. Bei Zweifeln an der Gleichwertigkeit ist die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen zu hören.

(3) Studien- und Prüfungsleistungen, die während eines studienbedingten Auslandsaufenthaltes erworben wurden, können auch dann angerechnet werden, wenn für den Auslandsaufenthalt ein Urlaubssemester gewährt worden ist.

(4) Einschlägige berufs- und schulpraktische Tätigkeiten können als praktische Ausbildung anerkannt werden.

(5) Als Voraussetzung für die Anrechnung kann eine ergänzende Leistung gefordert werden, insbesondere wenn die bisher erworbenen Kompetenzen in wichtigen Teilbereichen unvollständig sind oder für das Modul im früheren Studiengang eine geringere Anzahl von CP vergeben wurde als im Studiengang an der Johann Wolfgang Goethe-Universität anzurechnen sind.

(6) Maximal 120 CP der nach § 10 Abs. 4 für den Bachelorabschluss geforderten CPs können nach Abs. 1 bis 3 angerechnet werden. Im Bachelorstudiengang kann das Modul „Bachelorarbeit“ nicht eingebracht werden. Im Masterstudiengang kann ebenso das Modul „Masterarbeit“ nicht ersetzt werden.

(7) Werden Studien- und Prüfungsleistungen anerkannt, sind die Noten und Kreditpunkte – soweit die Notensysteme vergleichbar sind – zu übernehmen und nach Maßgabe dieser Ordnung in die Berechnung der Gesamtnote einzubeziehen. Bei unvergleichbaren Notensystemen wird der Vermerk „bestanden“ aufgenommen. Angerechnete Leistungen werden im Zeugnis mit Nennung der Ursprungsinstitution gekennzeichnet. Der Prüfungsausschuss kann bei nicht vorhandener Note dem Studierenden die Gelegenheit zu einer Nachprüfung geben.

(8) Beim Wechsel des Studienfaches oder der Hochschule oder nach Studienaufenthalten im Ausland besteht ein Rechtsanspruch auf Anrechnung, sofern die Voraussetzungen hierfür gegeben sind und die anzurechnende Leistung zum Zeitpunkt der Anerkennung nicht älter als fünf Jahre ist. Über die Anerkennung älterer Prüfungsleistungen entscheidet der Prüfungsausschuss unter Berücksichtigung des aktuellen Wissensstandes. Die oder der Studierende hat die für die Anrechnung erforderlichen Unterlagen vorzulegen. Es besteht kein Anspruch auf die Anrechnung

von Teilleistungen aus nicht abgeschlossenen Modulen. Bei den Anerkennungsverfahren werden sämtliche von der oder dem Studierenden abgelegten – sowohl die bestanden als auch die nicht bestanden – Studien- und Prüfungsleistungen, zu denen es gleichwertige Studien- und Prüfungsleistungen im entsprechenden Bachelor- oder Masterstudiengang der Johann Wolfgang Goethe –Universität gibt, berücksichtigt. § 1 Abs. 4 findet Anwendung.

(9) Bei Fach- oder Hochschulwechsel erfolgt auf der Grundlage der Anrechnung die Einstufung in das Fachsemester des Studiengangs an der Johann Wolfgang Goethe-Universität.

(10) Entscheidungen mit Allgemeingültigkeit zu Fragen der Anrechnung trifft der Prüfungsausschuss, die Anrechnung im Einzelfall erfolgt durch dessen vorsitzendes Mitglied, falls erforderlich unter Heranziehung einer Fachprüferin oder eines Fachprüfers. Sofern Anerkennungen vorgenommen werden, können diese mit der Auflage, bestimmte Studien- und/oder Prüfungsleistungen nachzuholen, verbunden werden. Auflagen und evtl. Fristen, innerhalb der diese zu erfüllen sind, sind der oder dem Studierenden schriftlich mitzuteilen. Die Mitteilung ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

§ 15 Anrechnung von außerhalb einer Hochschule erworbener Kompetenzen

(1) Für Kenntnisse und Fähigkeiten, die während des Studiums außerhalb einer Hochschule erworben wurden und die in Niveau und Lernergebnis Modulen des Studiums äquivalent sind, können die CP der entsprechenden Module auf Antrag angerechnet werden. Dies gilt insbesondere für das Modul „Einführung in die Programmierung für Physiker“.

(2) Die Anrechnung der CP erfolgt individuell durch den Prüfungsausschuss auf Vorschlag des oder der Modulverantwortlichen. Voraussetzung sind schriftliche Nachweise (z.B. Zeugnisse, Zertifikate) über den Umfang, den Inhalt und die erbrachten Leistungen. Insgesamt dürfen nicht mehr als 50% der im Studiengang erforderlichen CP durch Anrechnung ersetzt werden. Die Anrechnung der CP erfolgt ohne Note. Dies wird im Zeugnis entsprechend ausgewiesen.

§ 16 Zulassung zu Modulen

(1) Die Zulassungsvoraussetzungen für die einzelnen Module sind im Modulhandbuch angegeben.

(2) Die Aufnahmekapazität für Praktika, Seminare, Bachelor- und Masterarbeiten ist durch die personelle, räumliche und sachliche Ausstattung der Lehrinheit begrenzt. Ist zu erwarten, dass die Zahl der teilnahmeberechtigten Studierenden die Anzahl der vorhandenen Arbeits- und Teilnehmerplätze übersteigt, ist durch den jeweiligen verantwortlichen Veranstaltungsleiter oder die jeweilige verantwortliche Veranstaltungsleiterin ein Anmeldeverfahren durchzuführen. Das Anmeldeerfordernis und die Anmeldefrist werden durch entsprechende Veröffentlichung in den Kommunikationsmedien (Aushang, Internet etc.) des Fachbereichs bekannt gegeben. Übersteigt die Zahl der angemeldeten Studierenden die Aufnahmekapazität der Lehrveranstaltung, prüft der Studiendekan oder die Studiendekanin auf Antrag des Lehrveranstaltungsleiters oder der Lehrveranstaltungsleiterin zunächst, ob eine zusätzliche Lehrveranstaltung oder ein Ferienkurs eingerichtet werden kann. Ist dies aus Kapazitätsgründen nicht möglich, ist es zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Durchführung der Lehrveranstaltung zulässig, nur eine begrenzte Anzahl der angemeldeten Studierenden aufzunehmen. Hierfür ist durch den oder die Modulbeauftragten ein Auswahlverfahren durchzuführen. Die Auswahl erfolgt nach der Notwendigkeit des Besuchs der Lehrveranstaltung im Hinblick auf den Studienfortschritt und, wenn in dieser Hinsicht gleiche Voraussetzungen gegeben sind, nach der Reihenfolge der Anmeldung oder durch Losentscheid. Die genauen Vergabekriterien werden vom Prüfungsausschuss festgelegt. Bei Pflichtveranstaltungen muss angemeldeten, aber trotz Erfüllung der Zugangsvoraussetzungen nicht in die Lehrveranstaltung aufgenommenen Studierenden auf Verlangen hierüber eine Bescheinigung ausgestellt werden.

Abschnitt III: Prüfungsorganisation

§ 17 Prüfungsausschuss; Prüfungsamt

(1) Für die Organisation der Bachelor- und der Masterprüfung und die durch diese Ordnung zugewiesenen Aufgaben sowie für die Feststellung der Zulassungsvoraussetzungen nach Maßgabe dieser Ordnung bildet der Fachbereichsrat des Fachbereichs einen Prüfungsausschuss. Der Prüfungsausschuss sorgt dafür, dass die Bestimmungen der Ordnung eingehalten werden. Die Verantwortung des Dekanats des Fachbereichs für die Prüfungsorganisation nach § 45 Abs. 1 HHG bleibt unberührt. Der Prüfungsausschuss berichtet dem Fachbereichsrat aufgrund der erfassten Prüfungsdaten regelmäßig, mindestens einmal jährlich, über die Entwicklung der Prüfungs- und Studienzeiten, die Nachfrage nach Modulen, die Verteilung der Fach- und Gesamtnoten. Er gibt dem Fachbereichsrat Anregungen zur Reform dieser Ordnung.

(2) Dem Prüfungsausschuss gehören sieben Mitglieder an und zwar: vier Mitglieder der Gruppe der Professoren und Professorinnen, die dem Fachbereich Physik angehören, ein wissenschaftlicher Mitarbeiter oder eine wissenschaftliche Mitarbeiterin des Fachbereichs Physik sowie zwei Studierende, die im Bachelor- oder Masterstudiengang Physik eingeschrieben sind. § 60 Abs. 4 bleibt unberührt.

(3) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses werden nebst einer Stellvertreterin oder einem Stellvertreter auf Vorschlag der jeweiligen Gruppen vom Fachbereichsrat gewählt. Näheres regelt die Wahlordnung der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses und sein oder ihr Stellvertreter oder seine oder ihre Stellvertreterin werden vom Prüfungsausschuss aus dem Kreis der ihm angehörenden Mitglieder der Professorengruppe gewählt.

(4) Die Amtszeit der studentischen Mitglieder des Prüfungsausschusses beträgt ein Jahr, die der anderen Mitglieder zwei Jahre. Wiederwahl ist zulässig. Scheiden Mitglieder während ihrer Amtszeit aus, so wird für die verbleibende Amtszeit nachgewählt.

(5) Der oder die Vorsitzende lädt zu den Sitzungen des Prüfungsausschusses ein und führt bei allen Beratungen und Beschlussfassungen den Vorsitz. In der Regel soll in jedem Semester mindestens eine Sitzung des Prüfungsausschusses stattfinden. Eine Sitzung ist einzuberufen, wenn dies mindestens zwei Mitglieder des Prüfungsausschusses fordern.

(6) Der Prüfungsausschuss tagt nicht öffentlich. Er ist beschlussfähig, wenn mindestens vier Mitglieder, darunter der oder die Vorsitzende oder der oder die stellvertretende Vorsitzende und zwei weitere Mitglieder der Professorengruppe anwesend sind. Für Beschlüsse ist die Zustimmung der Mehrheit der Anwesenden erforderlich. Bei Stimmengleichheit entscheidet die Stimme des oder der Vorsitzenden. Die Beschlüsse des Prüfungsausschusses sind zu protokollieren. Im Übrigen richtet sich das Verfahren nach der Geschäftsordnung für die Gremien der Johann Wolfgang Goethe-Universität.

(7) Bei Angelegenheiten, die die Prüfung eines Mitglieds des Prüfungsausschusses betreffen, ruht dessen Mitgliedschaft in Bezug auf diese Angelegenheit und wird durch die Stellvertreterin oder den Stellvertreter wahrgenommen. Dies gilt nicht bei rein organisatorischen Sachverhalten.

(8) Der Prüfungsausschuss kann dem oder der Vorsitzenden die Durchführung und Entscheidung einzelner Aufgaben übertragen. Bei Einspruch gegen Entscheidungen des oder der Vorsitzenden entscheidet der Prüfungsausschuss mit der Mehrheit seiner Mitglieder. Die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses kann einzelne Aufgaben der Prüfungsorganisation an das Prüfungsamt delegieren.

(9) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses haben das Recht, der Abnahme von Prüfungen beobachtend beizuwohnen.

(10) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses und deren Stellvertreter oder Stellvertreterinnen unterliegen der Amtsverschwiegenheit. Sofern sie nicht im öffentlichen Dienst stehen, sind sie durch den oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses schriftlich zur Verschwiegenheit zu verpflichten.

(11) Geschäftsstelle des Prüfungsausschusses ist das Prüfungsamt Physik

(12) Ablehnende Entscheidungen des Prüfungsausschusses und seines oder seiner Vorsitzenden sind dem oder der Studierenden schriftlich mit Begründung unter Angabe der Rechtsgrundlage mitzuteilen. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

(13) Der Prüfungsausschuss kann Anordnungen, Festsetzungen von Terminen und andere Entscheidungen, die nach dieser Ordnung getroffen werden, insbesondere die Bekanntgabe der Zulassung zur Prüfung, Melde- und Prüfungstermine sowie Prüfungsergebnisse unter Beachtung datenschutzrechtlicher Bestimmungen mit rechtlich verbindlicher Wirkung öffentlich bekannt machen.

§ 18 Prüfungsbefugnis; Beisitz bei mündlichen Prüfungen

(1) Zur Abnahme von Modulprüfungen sind befugt: Mitglieder der Professorengruppe, wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit der selbständigen Wahrnehmung von Lehraufgaben beauftragt worden sind, sowie Lehrbeauftragte und Lehrkräfte für besondere Aufgaben (§ 18 Abs. 2 HHG). Privatdozentinnen und Privatdozenten, außerplanmäßige Professorinnen oder Professoren, Honorarprofessorinnen und Honorarprofessoren, die jeweils in den Prüfungsfächern eine Lehrtätigkeit ausüben, sowie entpflichtete und in Ruhestand getretene Professorinnen oder Professoren, die in den Prüfungsfächern eine Lehrtätigkeit ausüben, können mit ihrer Einwilligung als Prüferinnen oder Prüfer bestellt werden. Prüfungsleistungen dürfen nur von Personen bewertet werden, die selbst mindestens die durch die Prüfung festzustellende oder eine gleichwertige Qualifikation besitzen.

(2) In der Regel wird die zu einem Modul gehörende Prüfung von den in dem Modul Lehrenden ohne besondere Bestellung durch den Prüfungsausschuss abgenommen. Sollte eine Lehrende oder ein Lehrender aus zwingenden Gründen Prüfungen nicht abnehmen können, kann der Prüfungsausschuss eine andere Prüferin oder einen anderen Prüfer benennen.

(3) Abschlussarbeiten, die nicht mehr wiederholt werden können, und schriftliche Prüfungsleistungen, die nicht mehr wiederholt werden können, sind von zwei Prüfenden zu bewerten. Mündliche Prüfungen sind von mehreren Prüfenden oder von einer oder einem Prüfenden in Gegenwart einer oder eines Beisitzenden abzunehmen.

(4) Zur Beisitzerin oder zum Beisitzer bei mündlichen Prüfungen darf im Rahmen des Bachelorstudienganges nur ein Mitglied oder eine Angehörige oder ein Angehöriger der Johann Wolfgang Goethe-Universität bestellt werden, das oder die oder der mindestens den Bachelorabschluss oder eine vergleichbare Prüfung abgelegt hat. Zur Beisitzerin oder zum Beisitzer darf im Rahmen des Masterstudienganges nur ein Mitglied oder eine Angehörige oder ein Angehöriger der Johann Wolfgang Goethe-Universität bestellt werden, das oder die oder der den Masterabschluss oder eine vergleichbare Prüfung abgelegt hat. Die Bestellung der Beisitzerin oder des Beisitzers erfolgt durch die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses. Sie oder er kann die Bestellung an die Prüferin oder den Prüfer delegieren.

(5) Prüferinnen, Prüfer, Beisitzerinnen und Beisitzer unterliegen der Amtsverschwiegenheit.

§ 19 Akademische Leitung und Modulkoordination

(1) Die Aufgabe der akademischen Leitung der Studiengänge im Fachbereich nimmt die Studiendekanin oder der Studiendekan wahr. Diese Funktion kann für einen oder mehrere Studiengänge auf ihren oder seinen Vorschlag vom Fachbereichsrat auf ein dort prüfungsberechtigtes Mitglied der Professorengruppe für die Dauer von zwei Jahren übertragen werden. Die akademische Leiterin oder der akademische Leiter hat insbesondere folgende Aufgaben:

- Koordination des Lehr- und Prüfungsangebots des Fachbereichs im Zusammenwirken mit den Modulbeauftragten;
- Erstellung und Aktualisierung von Prüferlisten;
- Evaluation des Studiengangs;
- Bestellung der Modulkoordinatorinnen und Modulkoordinatoren.

(2) Für jedes Modul ernennt die akademische Leitung des Studiengangs aus dem Kreis der Lehrenden des Moduls eine Modulkoordinatorin oder einen Modulkoordinator. Für fachbereichsübergreifende Module wird die Modulkoordinatorin oder der Modulkoordinator im Zusammenwirken mit der Studiendekanin oder dem Studiendekan des anderen Fachbereichs ernannt. Die Modulkoordinatorin oder der Modulkoordinator muss Professorin oder Professor oder ein auf Dauer beschäftigtes wissenschaftliches Mitglied der Lehreinheit sein. Sie oder er ist für alle das Modul betreffenden inhaltlichen Abstimmungen und die ihr oder ihm durch die Ordnung des Studiengangs zugewiesenen organisatorischen Aufgaben zuständig. Die Modulkoordinatorin oder der Modulkoordinator wird durch die akademische Leitung des Studiengangs vertreten.

§ 20 Meldung und Zulassung zur Bachelor- oder Masterprüfung

(1) Spätestens mit der Meldung zur ersten Prüfungsleistung eines Moduls an der Johann Wolfgang Goethe-Universität hat die oder der Studierende einen vollständig ausgefülltes Anmeldeformular für die Zulassung zur Bachelorprüfung beziehungsweise für die Zulassung zur Masterprüfung beim Prüfungsamt einzureichen. Sofern dies nicht bereits mit dem Antrag auf Zulassung zum Studium erfolgt, sind dem Antrag auf Zulassung zur Bachelor- beziehungsweise Masterprüfung insbesondere beizufügen:

- a) eine Erklärung darüber, ob die Studierende oder der Studierende bereits eine Abschluss- oder Zwischenprüfung im Bachelor- beziehungsweise Masterstudiengang oder in einem anderen vergleichbaren Studiengang an einer Hochschule in Deutschland oder im Ausland endgültig nicht bestanden hat oder – ggf. unter Angabe von Fehlversuchen - ob sie oder er ein Prüfungsverfahren nicht abgeschlossen hat,
- b) gegebenenfalls Nachweise über bereits erbrachte Studien- oder Prüfungsleistungen, die in den Studiengang eingebracht werden sollen.
- c) Nachweis über die Zahlung der Prüfungsgebühr. § 57 bleibt unberührt.

(2) Zur Bachelor- beziehungsweise Masterprüfung kann nur zugelassen werden, wer als Studierende oder Studierender an der Johann Wolfgang Goethe – Universität Frankfurt immatrikuliert ist.

(3) Über die Zulassung entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses. Die Zulassung zur Bachelorprüfung oder zur Masterprüfung muss versagt werden, wenn

- a) die oder der Studierende die in Abs.1 genannten Nachweise nicht erbringt;
- b) die oder der Studierende die Bachelor- beziehungsweise Masterprüfung in demselben oder in einem verwandten Studiengang beziehungsweise Studienfach an einer Hochschule endgültig nicht bestanden hat oder sich in einem solchen in einem noch nicht abgeschlossenen Prüfungsverfahren oder in einer noch nicht abgeschlossenen Modulprüfung befindet.
- c) die oder der Studierende wegen der Anrechnung von Fehlversuchen gemäß § 1 Abs. 4 keine Möglichkeit mehr zur Erbringung von Prüfungsleistungen hat, die für das Bestehen der Bachelor- beziehungsweise Masterprüfung erforderlich sind.

Als verwandte Studiengänge beziehungsweise Studienfächer gelten Studiengänge beziehungsweise Studienfächer, die in einem wesentlichen Teil der geforderten Prüfungsleistungen der Module übereinstimmen.

(4) Über Ausnahmen in besonderen Fällen entscheidet auf Antrag der oder des Studierenden der zuständige Prüfungsausschuss.

(5) Eine Ablehnung der Zulassung wird dem oder der Studierenden von der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses schriftlich mitgeteilt. Sie ist mit einer Begründung und einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

§ 21 Prüfungstermine, Meldefristen und Meldeverfahren für die Modulprüfungen

(1) Zu jeder Modulprüfung (Modulabschlussprüfung und Modulteilprüfung) hat sich die oder der Studierende innerhalb der Meldefrist schriftlich anzumelden; andernfalls ist die Erbringung der Prüfungsleistung ausgeschlossen. Die Meldung erfolgt beim Prüfer oder der Prüferin und ist dem Prüfungsamt weiterzureichen. Für schriftliche Prüfungen kann sie auch elektronisch über das Prüfungs-Softwareportal der Universität erfolgen. Im Fall der Meldung bei der Prüferin oder dem Prüfer stellt dieser oder diese auch die Voraussetzungen zur Zulassung fest.

(2) Die oder der Studierende kann sich zu einer Modulprüfung nur anmelden, soweit er oder sie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität immatrikuliert ist, zur Bachelor- oder Masterprüfung zugelassen ist und die entsprechende Modulprüfung noch nicht endgültig nicht bestanden hat und sofern er oder sie die nach Maßgabe des Modulhandbuchs für das Modul erforderlichen Leistungs- und Teilnahmenachweise erbracht hat. Leistungs- und Teilnahmenachweise können nachgereicht werden, müssen also bei der Anmeldung zur Modulabschlussprüfung noch nicht vorliegen oder der Nachweis kann auf andere Art geführt werden. Beurlaubte Studierende können keine Prüfungen ablegen. Zulässig ist aber die Wiederholung nicht bestandener Prüfungen während der Beurlaubung. Studierende sind auch berechtigt, Studien- und Prüfungsleistungen während einer Beurlaubung zu erbringen, wenn die Beurlaubung wegen Mutterschutz oder die Inanspruchnahme von Elternzeit oder wegen Pflege von nach ärztlichem Zeugnis pflegebedürftigen Angehörigen oder wegen der Erfüllung einer Dienstpflicht nach Art. 12a des Grundgesetzes oder wegen Mitwirkung als ernannte oder gewählte Vertreterin oder ernannter oder gewählter Vertreter in der akademischen Selbstverwaltung erfolgt ist.

(3) Die Meldung zu einer Modulprüfung gilt als endgültig, wenn sie nicht durch schriftliche Erklärung bis zum Rücktrittstermin zurückgezogen wird. Meldetermine und Rücktrittstermine werden durch Aushang beim Prüfungsamt rechtzeitig, spätestens vier Wochen vor dem Prüfungstermin bekannt gegeben. Die Meldefrist endet frühestens zwei Wochen vor dem jeweiligen Prüfungstermin. Die Rücktrittsfrist endet frühestens eine Woche nach dem Ende der Meldefrist. Über eine Nachfrist für die Meldung zu einer Prüfung in begründeten Fällen entscheidet der Prüfungsausschuss. Wird die Anmeldung bis zum festgelegten Rücktrittstermin nicht zurückgenommen, wird die versäumte Prüfungsleistung mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet (§ 31 Abs. 1).

(4) Die Modulprüfungen werden im zeitlichen und sachlichen Zusammenhang zu den Modulen angeboten. Die schriftlichen Prüfungen sollen in zwei Prüfungsperioden fallen. Die erste beginnt eine Woche nach Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters und erstreckt sich bis zum Semesterende. Die zweite Prüfungsperiode besteht aus zwei Phasen: deren erste beginnt eine Woche nach Ende der Vorlesungszeit des Sommersemesters und dauert drei Wochen, während die zweite die letzten zwei Wochen des Semesters umfasst. Über Ausnahmen von dieser Terminregelung entscheidet der Prüfungsausschuss.

(5) Die Termine für die Modulprüfungen werden vom Prüfungsausschuss im Einvernehmen mit den Prüferinnen und Prüfern unter Berücksichtigung von Abs. 4 festgelegt und dem Prüfungsamt gemeldet. Das Prüfungsamt gibt den Studierenden möglichst frühzeitig, spätestens aber vier Wochen nach Vorlesungsbeginn, in einem Prüfungsplan Zeit und Ort der schriftlichen Prüfungen sowie die Namen der beteiligten Prüferinnen und Prüfer durch öffentlichen Aushang bekannt. Muss aus zwingenden Gründen von diesem Prüfungsplan abgewichen werden, so ist die Neufestsetzung des Termins nur mit Genehmigung des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses im Einvernehmen mit den Prüferinnen und Prüfern möglich. Ist für eine schriftliche Modulprüfung vier Wochen nach Vorlesungsbeginn noch kein Termin festgelegt, so wird er vom Prüfungsausschuss bestimmt.

(6) Der Prüfungsausschuss stellt sicher, dass die Modulprüfung zu jedem Pflichtmodul mindestens zweimal pro Studienjahr abgelegt werden kann.

§ 22 Versäumnis und Rücktritt

(1) Die Modulabschluss- beziehungsweise -teilprüfung gilt als „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet, wenn die oder der Studierende zu dem sie oder ihn bindenden Prüfungstermin ohne triftigen Grund nicht erscheint oder von der angetretenen Prüfung ohne triftigen Grund zurücktritt. Gleiches gilt, wenn eine schriftliche Prüfungsleistung nicht innerhalb der vorgegebenen Bearbeitungszeit erbracht oder als Prüfungsleistung in einer schriftlichen Aufsichtsarbeit ein leeres Blatt abgegeben oder in einer mündlichen Prüfung geschwiegen wurde.

(2) Der für den Rücktritt oder das Versäumnis gemäß Abs.1 geltend gemachte Grund muss der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses unverzüglich schriftlich angezeigt werden. Erfolgen Versäumnis oder Rücktritt wegen Krankheit der Studierenden oder des Studierenden, so muss dies durch ein ärztliches Attest nachgewiesen werden. Das ärztliche Attest ist unverzüglich, d.h. ohne schuldhaftes Zögern, beim Prüfungsausschuss vorzulegen. Im Zweifelsfall kann die Vorlage eines ärztlichen Attestes eines Amtsarztes verlangt werden. Eine während der Erbringung einer Prüfungsleistung eintretende Prüfungsunfähigkeit muss unverzüglich bei der Prüferin oder dem Prüfer oder der Prüfungsaufsicht geltend gemacht werden. Die Verpflichtung zur Anzeige und Glaubhaftmachung der Gründe gegenüber dem Prüfungsausschuss bleibt unberührt. Ist die oder der Studierende durch Krankheit eines von ihr oder ihm allein zu versorgenden Kindes oder einer oder eines von ihr oder ihm notwendigerweise allein zu betreuenden pflegebedürftigen nahen Angehörigen (Eltern, Großeltern, Ehe- und Lebenspartner) zum Rücktritt oder Versäumnis gezwungen, kann er oder sie bezüglich der Einhaltung von Fristen für die erstmalige Meldung zur Prüfung, die Wiederholung von Prüfungen, die Gründe für das Versäumnis von Prüfungen und Einhaltung von Bearbeitungszeiten für Prüfungsarbeiten dieselben Regelungen in Anspruch nehmen, die bei Krankheit einer oder eines Studierenden selbst gelten. Ein wichtiger Hinderungsgrund ist auch gegeben, wenn eine Studierende durch Nachweis Mutterschutz geltend macht. Wird der Grund anerkannt, so wird ein neuer Termin anberaumt.

(3) Bei anerkanntem Rücktritt oder Versäumnis werden die Prüfungsergebnisse in bereits abgelegten Teilmodulen angerechnet.

§ 23 Studien- und Prüfungsleistungen bei Krankheiten und Behinderungen sowie bei familiären Belastungen

(1) Im Prüfungsverfahren ist auf Art und Schwere einer Behinderung oder chronischen Erkrankung Rücksicht zu nehmen. Art und Schwere einer Behinderung oder Beeinträchtigung sind durch ein ärztliches Attest nachzuweisen; in Zweifelsfällen kann ein amtsärztliches Attest verlangt werden. Macht die oder der Studierende, gestützt auf das ärztliche Attest, glaubhaft, dass sie oder er wegen ihrer oder seiner körperlichen Behinderung oder chronischen Erkrankung nicht in der Lage ist, die Prüfungsleistung ganz oder teilweise in der vorgesehenen Form abzulegen, so ist dieser Nachteil durch entsprechende Maßnahmen, wie zum Beispiel eine Verlängerung der Bearbeitungszeit oder eine andere Gestaltung des Prüfungsverfahrens, auszugleichen. Entsprechendes gilt für Studienleistungen. Der Nachteilsausgleich ist schriftlich zu beantragen. Der Antrag soll spätestens mit der Meldung zur Prüfung gestellt werden.

(2) Entscheidungen nach Abs.1 trifft die Prüferin oder der Prüfer, in Zweifelsfällen der Prüfungsausschuss im Einvernehmen mit der Prüferin oder dem Prüfer.

§ 24 Täuschung und Ordnungsverstoß

(1) Versucht die oder der Studierende das Ergebnis ihrer oder seiner Prüfungs- oder Studienleistung durch Täuschung oder durch Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel zu beeinflussen, wird die Prüfungs- oder Studienleistung mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet. Der Versuch einer Täuschung liegt insbesondere vor, wenn die oder der Studierende nicht zugelassene Hilfsmittel in den Prüfungsraum mitführt oder eine falsche Erklärung nach § 25 Abs. 7 oder § 30 Abs. 12 abgegeben worden ist. Beim Vorliegen einer besonders schweren Täuschung (z. B. Wiederholungsfall oder einer Täuschung unter Beifügung einer schriftlichen Erklärung der oder des Studierenden über die selbständige Anfertigung einer ohne Aufsicht angefertigten schriftlichen Arbeit ohne unerlaubte Hilfsmittel) muss der Prüfungsausschuss die oder den Studierenden von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen oder Studienleistungen ausschließen, so dass der Prüfungsanspruch im Studiengang erlischt. Die Schwere der Täuschung ist insbesondere anhand der hierfür aufgewendeten Energie, wie organisiertes Zusammenwirken und Verwendung technischer Hilfsmittel, wie Funkgeräte und Handys zu werten.

(2) Eine Studierende oder ein Studierender, die oder der den ordnungsgemäßen Ablauf der Prüfung stört, kann von der jeweiligen Prüferin oder dem jeweiligen Prüfer oder von der oder dem Aufsichtsführenden in der Regel nach einer Abmahnung von der Fortsetzung der Prüfungsleistung ausgeschlossen werden; in diesem Fall gilt die betreffende Prüfungsleistung als mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet. Abs.1 Satz 3 findet entsprechende Anwendung.

(3) Hat eine Studierende oder ein Studierender durch schuldhaftes Verhalten die Teilnahme an einer Prüfung zu Unrecht herbeigeführt, kann der Prüfungsausschuss entscheiden, dass die betreffende Prüfungsleistung als nicht bestanden („nicht ausreichend“ (5,0)) gilt.

(4) Die oder der Studierende kann innerhalb einer Frist von 4 Wochen schriftlich verlangen, dass die Entscheidungen nach Abs.1 und Abs. 2 vom Prüfungsausschuss überprüft werden.

(5) Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind der oder dem Studierenden unverzüglich schriftlich mitzuteilen, zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

(6) Bei der Abfassung von Hausarbeiten, Referaten und Abschlussarbeiten sind die Regeln für das Anfertigen wissenschaftlicher Arbeiten zu beachten. Bei Nichtbeachtung gilt Abs. 1.

§ 25 Modulprüfungen

(1) Jedes Modul wird nach Maßgabe der Modulbeschreibung im Modulhandbuch durch eine Modulprüfung oder durch eine oder mehrere Studienleistungen abgeschlossen. Eine Modulprüfung besteht in der Regel aus einer Prüfungsleistung zum Abschluss des Moduls, sie kann nach Maßgabe der Modulbeschreibung im Modulhandbuch auch aus einer Kumulation mehrerer Modulteilprüfungen bestehen.

(2) Die Abschlussprüfung zu einem Modul bezieht sich auf den gesamten Inhalt des Moduls. Bei kumulativen Modulprüfungen werden in den Modulteilprüfungen die Inhalte und Methoden der jeweiligen Lehrveranstaltung des Moduls geprüft. Die Prüfungsinhalte ergeben sich aus den Modulbeschreibungen.

(3) Die Prüfungsleistungen werden durch Klausurarbeiten, mündliche Prüfungen oder sonstige Prüfungsformen erbracht. Sonstige Prüfungsformen sind Referate mit oder ohne schriftliche Ausarbeitung, Hausarbeiten oder vergleichbare Formen, die eine Bewertung des individuellen Lernerfolges in einem Modul erlauben, z. B. computer-gestützte Prüfungen, die eine individuelle Aufgabenstellung beinhalten.

(4) Die Formen, in denen die einzelnen Prüfungsleistungen zu erbringen sind, sind in den Modulbeschreibungen festgelegt. Soweit die Modulbeschreibung eine Wahlmöglichkeit zulässt, muss der oder die Prüfende die erforderliche Festlegung treffen. Die Prüfungsform ist den Studierenden spätestens zu Beginn des Moduls verbindlich mitzuteilen.

(5) Prüfungen werden in der Regel in deutscher, im Masterstudiengang auch in englischer Sprache abgenommen. Mündliche Prüfungen können in gegenseitigem Einvernehmen zwischen Prüfer oder Prüferin, Beisitzer oder Beisitzerin und dem oder der Studierenden auch in einer Fremdsprache abgenommen werden.

(6) Das Ergebnis einer schriftlichen Prüfungsleistung wird durch den Prüfer oder die Prüferin in einem Prüfungsprotokoll festgehalten, das er oder sie zusammen mit der Prüfungsarbeit dem Prüfungsausschuss spätestens vier Wochen nach Ablegung der Prüfung zuleitet. In das Prüfungsprotokoll sind die Modulbezeichnung bzw. der Modulteil, die Prüfungsform, das Prüfungsdatum sowie die Bearbeitungszeit aufzunehmen. Weiterhin sind solche Vorkommnisse, insbesondere Vorkommnisse nach § 1 Abs. 1 und 2 aufzunehmen, welche für die Feststellung des Prüfungsergebnisses von Belang sind.

(7) Ohne Aufsicht angefertigte schriftliche Arbeiten (beispielsweise Hausarbeiten) sind von der oder dem Studierenden nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis anzufertigen. Die oder der Studierende hat bei der Abgabe der Arbeit schriftlich zu versichern, dass sie oder er diese selbständig verfasst und alle von ihr oder ihm benutzten Quellen und Hilfsmittel in der Arbeit angegeben hat. Ferner ist zu erklären, dass die Arbeit noch nicht – auch nicht auszugsweise – in einem anderen Studiengang als Studien- oder Prüfungsleistung verwendet wurde.

(8) Teilnehmerinnen und Teilnehmer an Modulprüfungen müssen sich durch Vorlage eines amtlichen Lichtbildausweises ausweisen.

§ 26 Mündliche Prüfungsleistungen

(1) Mündliche Prüfungen werden von einem Prüfer oder einer Prüferin in Gegenwart eines oder einer Beisitzenden als Einzelprüfung oder mit Einverständnis der Prüflinge in einer Zweiergruppe durchgeführt.

(2) Die Dauer der mündlichen Prüfung soll je Prüfling mindestens 20 Minuten und höchstens 40 Minuten betragen.

(3) Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse der mündlichen Prüfung sind von dem Beisitzer oder der Beisitzerin in einem Protokoll festzuhalten. Das Prüfungsprotokoll ist von dem Prüfer oder der Prüferin und dem Beisitzer oder der Beisitzerin zu unterzeichnen. Vor der Festsetzung der Note ist der Beisitzer oder die Beisitzerin unter Ausschluss des Prüflings zu hören.

(4) Das Ergebnis der mündlichen Prüfung ist dem oder der Studierenden im Anschluss an die mündliche Prüfung bekannt zu geben und auf unverzüglich geäußerten Wunsch näher zu begründen; die gegebene Begründung ist in das Protokoll aufzunehmen.

(5) Mündliche Prüfungen sind für Studierende, die die gleiche Prüfung ablegen sollen, hochschulöffentlich. Die oder der zu prüfende Studierende kann der Zulassung der Öffentlichkeit widersprechen. Die Zulassung der Öffentlichkeit erstreckt sich nicht auf die Beratung und Bekanntgabe des Prüfungsergebnisses an die oder den zu prüfenden Studierenden. Sie kann darüber hinaus aus Kapazitätsgründen begrenzt werden. Zur Überprüfung der in Satz 1 genannten Gründe kann die oder der Prüfende entsprechende Nachweise verlangen.

§ 27 Klausuren und Hausarbeiten

(1) Klausurarbeiten beinhalten die Beantwortung einer Aufgabenstellung oder mehrerer Fragen. In einer Klausur soll die oder der Studierende nachweisen, dass sie oder er eigenständig in begrenzter Zeit, mit begrenzten Hilfsmitteln und unter Aufsicht Aufgaben lösen und auf Basis des notwendigen Grundlagenwissens beziehungsweise mit den geläufigen Methoden des Faches ein Problem erkennen und Wege zu einer Lösung finden kann.

(2) Den Studierenden sind die Bestehensvoraussetzungen für die Klausur spätestens bei der Aufgabenstellung bekannt zu geben.

- (3) Die Klausurarbeiten können bis zu 25% aus Multiple-Choice-Fragen bestehen. Bei der Aufstellung der Fragen und des Antwortkatalogs ist festzulegen, ob eine oder mehrere Antworten zutreffend sind und wie falsche Antworten gewertet werden.
- (4) Die Bearbeitungszeit einer Klausurarbeit soll sich am Umfang des zu prüfenden Moduls bzw., im Fall von Teilprüfungen, am Umfang der zu prüfenden Lehrveranstaltung orientieren. Sie dauert in der Regel 90 Minuten; Ausnahmen davon müssen von dem oder der Modulbeauftragten genehmigt werden. Sie darf 45 Minuten nicht unterschreiten, 120 Minuten nicht überschreiten.
- (5) Hausarbeiten dienen dem Rekapitulieren und Vertiefen des gelernten Stoffes. In ihnen soll die oder der Studierende nachweisen, dass sie oder er sich einen Gesamtüberblick über den Stoff erarbeitet hat und auf dieser Basis in der Lage ist, sich eigenständig mit Hilfe fortgeschrittener Lehrbuchliteratur in Spezialgebiete einzuarbeiten. Die Bearbeitungszeiten für Hausarbeiten sind für jede Lehrveranstaltung vom Prüfer vor Beginn der Veranstaltung festzulegen. § 28 Abs. 5 Satz 4 gilt entsprechend. Die Hausarbeit wird vom Prüfer ausgegeben, der das Ausgabedatum dem Prüfungsamt mitteilt.
- (6) Die Hausarbeit ist innerhalb der Bearbeitungsfrist in einfacher Ausfertigung bei der Prüferin oder dem Prüfer einzureichen; im Falle des Postwegs ist der Poststempel entscheidend. Die Abgabe der Hausarbeit ist durch die Prüferin oder den Prüfer aktenkundig zu machen und der Verfasserin oder dem Verfasser der Hausarbeit zu bestätigen.
- (7) Klausuren und Hausarbeiten werden von einer oder einem Prüfenden schriftlich bewertet. Das Bewertungsverfahren der Klausuren und Hausarbeiten soll 4 Wochen nicht überschreiten.
- (8) Klausuren und Hausarbeiten sind im Falle ihrer Wiederholung von einem oder einer weiteren Prüfenden zu bewerten, wenn der oder die erste Prüfende sie mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet. Bei Abweichung der Noten errechnet sich die Note der schriftlichen Prüfungsleistung aus dem Durchschnitt der beiden Noten.
- (9) Zu einer nicht bestanden Klausur kann der oder die Prüfende im Einzelfall eine mündliche Ergänzungsprüfung anbieten. Deren Bestehen ergibt eine Klausurnote von 4,0. Zu einer nicht bestanden Hausarbeit kann im Einzelfall die Möglichkeit einer einmaligen Nachbesserung eingeräumt werden. Eine solche mündliche Ergänzungsprüfung oder Nachbesserung soll innerhalb von vier Wochen nach Bekanntgabe des Ergebnisses erfolgen und gilt nicht als Wiederholung der Prüfung.

§ 28 Studienleistungen (Leistungsnachweise und Teilnahmenachweise)

- (1) Leistungsnachweise sind nach Maßgabe der Modulbeschreibung entweder Voraussetzung für die Zulassung zu Modulprüfungen oder für die Vergabe der für das Modul zu erwerbenden CP. Sie können benotet sein, die Noten für Studienleistungen gehen aber nicht in die Modulnoten ein. Teilnahmenachweise können für die Zulassung zu Modulprüfungen vorausgesetzt werden. Bei Vorlesungen gibt es keine Teilnahmepflicht.
- (2) Teilnahmenachweise dokumentieren in der Regel die regelmäßige Teilnahme an der Lehrveranstaltung. Die regelmäßige Teilnahme ist gegeben, wenn die oder der Studierende in allen von der Veranstaltungsleiterin oder dem Veranstaltungsleiter im Verlauf eines Semesters angesetzten Einzelveranstaltungen anwesend war. Die regelmäßige Teilnahme soll noch attestiert werden, wenn die oder der Studierende bis zu zwei Einzelveranstaltungen versäumt hat, es sei denn, die oder der Lehrende legt etwas anderes fest. Im Übrigen kann die oder der Lehrende die Erteilung des Teilnahmenachweises von der Erfüllung von Pflichten abhängig machen. Bei Versäumnis von bis zu vier Einzelveranstaltungen wegen Krankheit oder der Betreuung eines Kindes oder einer oder eines pflegebedürftigen Angehörigen oder bei Mitwirkung als ernannte oder gewählte Vertreterin oder ernannter oder gewählter Vertreter in der akademischen oder studentischen Selbstverwaltung ist der oder dem Studierenden die Möglichkeit einzuräumen, den Teilnahmenachweis durch Erfüllung von Pflichten zu erwerben.
- (3) Für ein Berufspraktikum ist der Nachweis der aktiven Teilnahme Voraussetzung für die Vergabe der CP. Die aktive Teilnahme ist von der Ausbildungsstelle zu bescheinigen. Die Bescheinigung muss folgende Angaben enthal-

ten: Bezeichnung der Einrichtung, Vorname, Nachname, Geburtsdatum, Matrikelnummer der Praktikantin oder des Praktikanten sowie die Art und Dauer der Tätigkeit. Über das Praktikum ist von der Praktikantin oder dem Praktikant ein Praktikumsbericht zu erstellen.

(4) Leistungsnachweise dokumentieren die erfolgreiche Teilnahme an einer Lehrveranstaltung. Sofern dies die oder der Lehrende voraussetzt, ist für einen Leistungsnachweis auch die regelmäßige Teilnahme (Abs. 2) an der Lehrveranstaltung erforderlich. Abs. 1 letzter Satz bleibt unberührt. Die erfolgreiche Teilnahme ist gegeben, wenn eine durch die Lehrende oder den Lehrenden positiv bewertete (nach der Modulbeschreibung benotete oder unbenotete) individuelle Studienleistung (Abs. 5) erbracht wurde. Die oder der Lehrende kann die Bestätigung der erfolgreichen Teilnahme an einer Lehrveranstaltung auch von der erfolgreichen Erbringung mehrerer Studienleistungen abhängig machen. Werden Studienleistungen nach Maßgabe der Modulbeschreibung benotet, gilt § 31 Abs. 1. Bei Gruppenarbeiten muss die individuelle Leistung deutlich abgrenzbar und bewertbar sein.

(5) Studienleistungen können insbesondere sein:

- Klausuren
- schriftliche Ausarbeitungen beziehungsweise Hausarbeiten
- Referate (mit oder ohne Ausarbeitung)
- Fachgespräche
- Arbeitsberichte, Protokolle
- Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vorrechnen von Übungsaufgaben in Tutorien
- Durchführung von Versuchen und Computersimulationen
- Tests
- Literaturberichte oder Dokumentationen

Die Anzahl der Leistungen, ihre Form sowie die Frist, in der die Leistungen zu erbringen sind, gibt die oder der Lehrende den Studierenden zu Beginn der Lehrveranstaltung bekannt. Die Vergabekriterien für den Leistungsnachweis dürfen während des laufenden Semesters nicht zum Nachteil der Studierenden geändert werden. Die oder der Lehrende kann den Studierenden die Nachbesserung einer schriftlichen Leistung unter Setzung einer Frist ermöglichen. § 1 Abs. 1 gilt entsprechend.

Zu Vorlesungsübungen müssen Musterlösungen in schriftlicher Form zeitnah bereitgestellt werden.

(6) Klausuren sind als Studienleistung nur zulässig, wenn keine Modulabschlussprüfung für das Modul erfolgt.

(7) Werden Studienleistungen schriftlich, aber nicht als Aufsichtsarbeit erbracht, sind sie mit einer Erklärung gemäß § 25 Abs. 7 zu versehen.

(8) Bestandene Studienleistungen können nicht wiederholt werden. Nicht bestandene Studienleistungen sind unbeschränkt wiederholbar.

§ 29 Studien- und Prüfungsleistungen im Nebenfach

(1) Die Nebenfachmodule, die nicht vom Fachbereich Physik angeboten werden, sind unter den Bedingungen bzw. nach den jeweiligen Ordnungen des die Module anbietenden Fachbereichs der J.W. Goethe-Universität in der jeweils gültigen Fassung zu erbringen.

(2) Wird die Aktenführung der Studien- und Prüfungsleistungen von Veranstaltungen und Modulen anderer Fachbereiche nicht im Prüfungsamt des Fachbereiches Physik durchgeführt, dann hat der oder die Studierende die erforderlichen Nachweise vorzulegen.

(3) Der Prüfungsausschuss unterhält eine Liste der Nebenfächer, die auf Grund von Abmachungen mit anderen Fachbereichen regelmäßig angeboten werden. Weitere Nebenfächer können auf Antrag genehmigt werden.

- (4) Nebenfächer können ohne Anmeldung gewählt und ohne Anrechnung von Fehlversuchen gewechselt werden.
- (5) Im Anhang 3 ist für jedes Nebenfach geregelt, ob es für den Bachelor- oder Masterstudiengang oder in beiden gewählt werden kann. Ein im Bachelorstudiengang eingebrachtes Nebenfachmodul oder eine Veranstaltung kann im Masterstudiengang nicht nochmals angerechnet werden.

§ 30 Die Abschlussarbeit

- (1) Die Dauer der und die Zulassung zur Bachelor- bzw. Masterarbeit regeln § 43 bzw. § 1.
- (2) Eine Abschlussarbeit dient der wissenschaftlichen Ausbildung. Sie ist jeweils Bestandteil der Bachelor- bzw. der Masterprüfung. Mit ihr soll der oder die Studierende zeigen, dass er oder sie in der Lage ist, eine definierte physikalische Aufgabenstellung innerhalb einer vorgegebenen Frist unter Anleitung selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und darzustellen. Die Bachelor- und Masterarbeit unterscheiden sich nach Schwierigkeitsgrad und Zeitdauer und berücksichtigen den unterschiedlichen Ausbildungsstand der Studierenden.
- (3) Der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses entscheidet über die Zulassung.
- (4) Die Abschlussarbeit kann von Mitgliedern der Professorengruppe, Hochschuldozenten oder Hochschuldozentinnen, Privatdozenten oder Privatdozentinnen, Nachwuchsgruppenleitern oder Nachwuchsgruppenleiterinnen ausgegeben und betreut werden. Im Falle externer Abschlussarbeiten nach Abs. 7 kann der Prüfungsausschuss auch qualifizierte auswärtige Wissenschaftler mit der Betreuung beauftragen. Dabei ist zu gewährleisten, dass die Mittel zur Durchführung der Arbeit vorhanden sind.
- (5) Dem oder der Studierenden ist Gelegenheit zu geben, ein Thema vorzuschlagen.
- (6) Für die Studierenden besteht die Möglichkeit, bei dem oder der Vorsitzenden des Prüfungsausschusses die Vergabe eines Themas für die Abschlussarbeit zu beantragen. Dieser oder diese sorgt innerhalb einer angemessenen Frist dafür, dass der oder die Studierende ein Thema und die erforderliche Betreuung erhält.
- (7) Die Abschlussarbeit darf mit Zustimmung des Prüfungsausschusses in einer Einrichtung außerhalb des Fachbereiches Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität angefertigt werden. In diesem Fall muss das Thema in Absprache mit einem Professor, einer Professorin, einem Juniorprofessor oder einer Juniorprofessorin des Fachbereiches Physik gestellt werden. Er oder sie ist einer der Gutachter oder Gutachterin der Arbeit. Der externe Betreuer oder die externe Betreuerin ist der zweite Gutachter oder die zweite Gutachterin der Arbeit.
- (8) Die Ausgabe der Fragestellung erfolgt durch den Betreuer oder die Betreuerin über den Vorsitzenden oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses. Der Zeitpunkt der Ausgabe und die Fragestellung sind aktenkundig zu machen.
- (9) Auf Antrag des oder der Studierenden kann der Prüfungsausschuss die Abfassung der Abschlussarbeit in einer Fremdsprache zulassen, wenn das schriftliche Einverständnis des Betreuers oder der Betreuerin und der Zweitgutachterin bzw. des Zweitgutachters vorliegt. Die Abfassung in englischer Sprache ist ohne besondere Genehmigung zulässig.
- (10) Weist ein Kandidat oder eine Kandidatin durch ärztliches Attest nach, dass er oder sie durch Krankheit an der Bearbeitung der Abschlussarbeit gehindert ist, so ruht die Bearbeitungsdauer während der Erkrankung. Der Prüfungsunfähigkeit des oder der Studierenden steht die Krankheit einer von ihm oder ihr überwiegend allein zu versorgenden Person gleich. Der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses setzt in diesem Falle den Abgabetermin neu fest. Kann der Abgabetermin aus anderen von der oder dem Studierenden nicht zu vertretenden Gründen nicht eingehalten werden, so verlängert die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses einmal die Bearbeitungszeit, wenn die oder der Studierende dies vor dem Ablieferungstermin beantragt. Maximal kann eine Verlängerung um 50 % der Bearbeitungszeit eingeräumt werden. Dauert die Verhinderung länger, so kann die oder der Studierende von der Prüfungsleistung zurücktreten.

(11) Die Bachelor- oder Masterarbeit ist fristgerecht in dreifacher Ausfertigung im Prüfungsamt abzugeben oder mittels Postweg beim Prüfungsamt einzureichen. Der Abgabezeitpunkt ist aktenkundig zu machen; im Falle des Postweges ist das Datum des Poststempels entscheidend.

(12) Die Abschlussarbeit ist nach den Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis zu verfassen. Insbesondere sind alle Stellen, Bilder und Zeichnungen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen oder aus anderen fremden Texten entnommen wurden, als solche kenntlich zu machen. Die Abschlussarbeit ist mit einer Erklärung der oder des Studierenden zu versehen, dass sie oder er die Arbeit – bei einer Gruppenarbeit sie ihre oder er seinen entsprechend gekennzeichneten Anteil der Arbeit – selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst hat. Ferner ist zu erklären, dass die Abschlussarbeit, auch nicht auszugsweise, für eine andere Prüfung oder Studienleistung verwendet worden ist.

(13) Die Abschlussarbeit ist vom Betreuer oder der Betreuerin der Abschlussarbeit sowie einem weiteren Prüfer oder einer weiteren Prüferin schriftlich zu beurteilen. Der zweite Prüfer oder die zweite Prüferin wird auf Vorschlag des oder der Studierenden oder auf Vorschlag des Betreuers oder der Betreuerin von dem oder der Vorsitzenden des Prüfungsausschusses bestellt. Einer oder eine der Prüfenden muss Mitglied der Professorengruppe der Johann Wolfgang Goethe-Universität sein.

(14) Die Bewertung der Abschlussarbeit soll von beiden Prüfenden spätestens sechs Wochen nach Einreichung erfolgen. Bei der Bachelorarbeit kann die Zweitgutachterin oder der Zweitgutachter sich bei Übereinstimmung der Bewertung auf eine Mitzeichnung des Gutachtens der Erstgutachterin oder des Erstgutachters beschränken. Das Ergebnis ist dem oder der Studierenden durch das Prüfungsamt bekannt zu geben. Die Note der Abschlussarbeit ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel beider Beurteilungen.

(15) Wird die Abschlussarbeit von einem oder einer der beiden Prüfenden mit „nicht ausreichend“ (5,0) beurteilt, bestellt der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses einen dritten Prüfer oder eine dritte Prüferin. In diesem Fall ergibt sich die Note der Abschlussarbeit aus dem arithmetischen Mittel der drei Beurteilungen. Sind zwei Beurteilungen „nicht ausreichend“ (5,0), ist die Note der Abschlussarbeit „nicht ausreichend“ (5,0).

§ 31 Bewertung der Prüfungsleistungen, Bildung der Modulnoten

(1) Für die Benotung der Prüfungsleistungen zu den Modulen und der Bachelor- bzw. Masterarbeit und für die Benotung von Studienleistungen sind folgende Noten zu verwenden:

- 1 = sehr gut, für eine hervorragende Leistung;
- 2 = gut, für eine Leistung, die erheblich über den durchschnittlichen Anforderungen liegt;
- 3 = befriedigend, für eine Leistung, die durchschnittlichen Anforderungen entspricht;
- 4 = ausreichend, für eine Leistung, die trotz ihrer Mängel noch den Anforderungen genügt;
- 5 = nicht ausreichend, für eine Leistung, die wegen erheblicher Mängel den Anforderungen nicht mehr genügt.

(2) Zur differenzierten Bewertung der Prüfungsleistungen können einzelne Noten um 0,3 auf Zwischenwerte angehoben oder abgesenkt werden; die Noten 0,7, 4,3, 4,7 und 5,3 sind dabei ausgeschlossen.

(3) Setzt sich eine Prüfungsleistung zu einem Modul aus mehreren Teilleistungen zusammen, errechnet sich die Note des Moduls aus dem mit den Kreditpunkten gewichteten Durchschnitt der Noten der einzelnen Teilleistungen. Dabei wird auf vier Dezimalstellen hinter dem Komma gerundet. Alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen. Entsprechendes gilt bei der Bewertung einer Prüfungsleistung durch mehrere Prüfende. Die Note lautet:

Bei einem Durchschnitt bis einschließlich 1,5	sehr gut
bei einem Durchschnitt von 1,6 bis einschließlich 2,5	gut
bei einem Durchschnitt von 2,6 bis einschließlich 3,5	befriedigend
bei einem Durchschnitt von 3,6 bis einschließlich 4,0	ausreichend
bei einem Durchschnitt ab 4,1	nicht ausreichend.

(4) Die Gesamtnote wird ergänzt durch eine ECTS-Note, die in das Diploma-Supplement aufgenommen wird. Die ECTS-Bewertungsskala berücksichtigt statistische Gesichtspunkte der Bewertung wie folgt:

- A = die Note, die die besten 10% derjenigen erzielen, die die Bachelor- oder Masterprüfung bestanden haben
- B = die Note, die die nächsten 25 % in der Vergleichsgruppe erzielen
- C = die Note, die die nächsten 30 % in der Vergleichsgruppe erzielen
- D = die Note, die die nächsten 25 % in der Vergleichsgruppe erzielen
- E = die Note, die die nächsten 10 % in der Vergleichsgruppe erzielen

Die Berechnung erfolgt durch das Prüfungsamt aufgrund der statistischen Auswertung der Prüfungsergebnisse. Hierbei soll ein Zeitraum von 3 Jahren zugrunde gelegt werden. Damit tragfähige Aussagen möglich sind, legt der Prüfungsausschuss Mindestgrößen für die Bezugsgruppen fest und bestimmt, solange sich entsprechende Datenbanken noch im Aufbau befinden, ein geeignetes Verfahren zur Ermittlung der relativen Gesamtnoten.

§ 32 Bestehen und Nichtbestehen; Notenbekanntgabe

- (1) Eine einzelne Prüfungsleistung ist bestanden, wenn sie mit der Note „ausreichend“ oder besser bewertet worden ist.
- (2) Ein Modul ist bestanden, wenn die in der Modulbeschreibung der Ordnung für den Studiengang vorgeschriebenen Leistungen erfolgreich erbracht wurden.
- (3) Die Bachelorprüfung oder Masterprüfung ist bestanden, wenn sämtliche in der Ordnung für den Studiengang vorgeschriebenen Module bestanden und die Bachelorarbeit beziehungsweise Masterarbeit mit mindestens „ausreichend“ bewertet worden ist.
- (4) Ein nicht beständenes Wahlpflichtmodul kann ohne Mitnahme der Fehlversuche durch ein alternatives Wahlpflichtmodul ersetzt werden.
- (5) Die Ergebnisse sämtlicher Prüfungen werden unverzüglich unter Wahrung schutzwürdiger Interessen der Betroffenen und allgemeiner datenschutzrechtlicher Regelungen durch studiengangsöffentlichen Aushang bekannt gegeben und/oder durch das elektronische Prüfungssystem zur Einsicht für die Studierenden vorgehalten werden. Abs. 6 bleibt unberührt.
- (6) Über das endgültige Nichtbestehen einer Modulprüfung oder das endgültige Nichtbestehen der Bachelor- oder Masterarbeit ist ein schriftlicher Bescheid durch die oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu erteilen, der mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen ist.

§ 33 Wiederholung von Prüfungen

- (1) Bestandene Modulabschlussprüfungen oder Modulteilprüfungen können nicht wiederholt werden. Eine Ausnahme stellt die Wiederholung zur Notenverbesserung nach § 34 Abs. 2 dar.
- (2) Nicht bestandene Modulabschlussprüfungen oder Modulteilprüfungen können höchstens zweimal wiederholt werden. Abweichungen davon gelten für den Freiversuch nach § 34 Abs. 1. Weichen die Bestimmungen zur Wiederholung von Modulprüfungen bei Modulen gemäß dieser Ordnung von den Regelungen der Ordnungen für den Studiengang der oder des Studierenden ab, so gilt die Ordnung desjenigen Studiengangs, in dessen Rahmen die Module angeboten werden.
- (3) Eine nicht bestandene Bachelor- oder Masterarbeit, gegebenenfalls einschließlich eines Kolloquiums, kann einmal wiederholt werden. Es wird ein anderes Thema ausgegeben. Eine Rückgabe des Themas der Bachelor- oder der Masterarbeit ist im Rahmen einer Wiederholungsprüfung nur zulässig, wenn die oder der Studierende bei der Anfertigung der ersten Bachelor- oder Masterarbeit von dieser Möglichkeit keinen Gebrauch gemacht hat. Eine zweite Wiederholung ist nicht zulässig.
- (4) Fehlversuche derselben oder inhaltlich äquivalenten Modulprüfung eines anderen Studiengangs an der Johann Wolfgang Goethe-Universität oder einer anderen Hochschule sind anzurechnen.
- (5) Die erste Wiederholungsprüfung muss innerhalb von 15 Monaten erfolgen, die zweite Wiederholung spätestens in der darauffolgenden Prüfungsperiode. Der Prüfungsausschuss kann Ausnahmen von diesen Fristen genehmigen, wenn die Prüfung dann nicht angeboten wird.
- (6) Wird die Wiederholungsfrist nicht eingehalten, gilt die Prüfungsleistung als nicht bestanden, § 22 Abs. 2 bleibt unberührt. Werden die Gründe für die Fristüberschreitung anerkannt, wird der oder dem Studierenden aufgegeben, sich zum nächsten Prüfungstermin zur Prüfung zu melden.
- (7) Für die Wiederholung von schriftlichen Prüfungsleistungen mit Ausnahme der Bachelor- beziehungsweise Masterarbeit kann der Prüfer eine mündliche Prüfung ansetzen.
- (8) Der Prüfungsausschuss kann vor der zweiten Wiederholung Auflagen erteilen, wie z. B. die Wiederholung der zugehörigen Studienleistungen, und die Wiederholungsfrist entsprechend anpassen.

§ 34 Freiversuch

- (1) Im Rahmen der Bachelor- bzw. Master-Prüfung gelten mit „nicht ausreichend“ bewertete Prüfungsleistungen als nicht unternommen, wenn sie studienbegleitend erstmals und, falls eine solche Zuordnung besteht, spätestens zu dem im Studienplan vorgesehenen Semester abgelegt werden (Freiversuch). Satz 1 ist nicht auf Prüfungsleistungen anzuwenden, die gemäß § 1, Abs. 1 und 2, oder gemäß § 22, Abs. 1, als mit „nicht ausreichend“ bewertet gelten. Die Bachelor- und Masterarbeit sind davon ausgeschlossen.
- (2) Bestandene Modulabschlussprüfungen oder Modulteilprüfungen können einmal zur Notenverbesserung wiederholt werden, wobei die bessere Leistung angerechnet wird. Von dieser Regelung darf höchstens je zweimal im Bachelor- und Masterstudiengang Gebrauch gemacht werden.

§ 35 Prüfungszeugnis

- (1) Über die bestandene Bachelor- oder Masterprüfung ist möglichst innerhalb von vier Wochen nach der letzten Prüfungsleistung ein Zeugnis in deutscher Sprache, auf Antrag der oder des Studierenden mit einer Übertragung in englischer Sprache, auszustellen. Das Zeugnis enthält die Angabe der Module mit den Modulnoten, das Thema und die Note der Bachelor- beziehungsweise Masterarbeit, die Gesamtnote und die insgesamt erreichten CP. Das Zeugnis ist von der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu unterzeichnen und mit dem Siegel der Johann Wolf-

gang Goethe-Universität zu versehen. Das Zeugnis trägt das Datum des Tages, an dem die letzte Prüfungsleistung erbracht wurde. Die Noten der Prüfungen nach § 10 Abs. 7 (Zusatzmodule) können auf Antrag der oder des Studierenden zusätzlich aufgeführt werden, und zwar getrennt von den Ergebnissen der eigentlichen Bachelor- oder Masterprüfung. Benotete Studienleistungen und CP können auf Antrag in einer besonderen Rubrik in das Zeugnis oder in eine dem Zeugnis beizufügende Anlage aufgenommen werden.

(2) Der Prüfungsausschuss stellt auf Antrag eine Bescheinigung darüber aus, dass der erworbene Masterabschluss inhaltlich dem Diplomabschluss entspricht.

§ 36 Bachelor- beziehungsweise Masterurkunde

(1) Gleichzeitig mit dem Zeugnis der Bachelor- oder Masterprüfung erhält die oder der Studierende eine Bachelor-beziehungsweise Masterurkunde mit dem Datum des Zeugnisses. Darin wird die Verleihung des akademischen Grades beurkundet. Auf Antrag kann die Urkunde zusätzlich in Englisch ausgestellt werden.

(2) Die Urkunde wird von der Studiendekanin oder dem Studiendekan des Fachbereichs sowie der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses unterzeichnet und mit dem Siegel der Johann Wolfgang Goethe-Universität versehen.

(3) Der akademische Grad darf erst nach Aushändigung der Urkunde geführt werden.

§ 37 Diploma-Supplement

Mit dem Zeugnis und der Urkunde wird ein Diploma-Supplement in Deutsch und Englisch entsprechend den Regelungen zwischen Kultusministerkonferenz und Hochschulkonferenz in der jeweils geltenden Fassung ausgestellt.

Abschnitt IV: Bachelorstudium und Bachelorprüfung

§ 38 Voraussetzungen für die Zulassung zum Bachelorstudiengang

(1) In den Bachelorstudiengang kann nur eingeschrieben werden, wer die gesetzlich geregelte Hochschulzugangsbeerechtigung besitzt und nicht nach § 57 HHG an der Immatrikulation gehindert ist. Insbesondere muss der Prüfungsanspruch für den entsprechenden Bachelorstudiengang noch bestehen, zum Beispiel darf die Bachelorprüfung noch nicht endgültig nicht bestanden sein. Zur diesbezüglichen Überprüfung sind Erklärungen gemäß § 20 Abs. 1 a) vorzulegen. § 20 Abs. 3 b) gilt entsprechend.

(2) Ausländische Studienbewerberinnen und Studienbewerber müssen entsprechend der „Ordnung der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main über die Deutsche Sprachprüfung für den Hochschulzugang (DSH) für Studienbewerberinnen und Studienbewerber mit ausländischer Hochschulzugangsberechtigung“ in der jeweils gültigen Fassung einen Sprachnachweis vorlegen, soweit sie nach der DSH-Ordnung nicht von der Deutschen Sprachprüfung freigestellt sind.

(3) Bei Einstufung in ein höheres Fachsemester ist bei der Einschreibung in den Studiengang die Anrechnungsbescheinigung gem. § 14 vorzulegen.

(4) Die Voraussetzungen für die Zulassung zur Bachelorprüfung sind in § 20 geregelt.

§ 39 Studienbeginn und Regelstudienzeit für das Bachelorstudium

- (1) Es wird empfohlen, das Studium im Wintersemester zu beginnen.
- (2) Um eine erfolgreiche Aufnahme des Studiums auch im Sommersemester zu ermöglichen, wird das gesonderte Modul „VTHS“ angeboten, das den Lehrstoff der Module „VTH1“ und „VTH2“ umfasst. Bei Studienaufnahme im Sommersemester kann dieses Modul die Module „VTH1“ und „VTH2“ vollständig im Sinne aller Regelungen dieser Studienordnung ersetzen. Insbesondere ersetzt die Note des Moduls „VTHS“ die Note des Moduls „VTH2“. Die Vorlesungen der Module VEX1A „Experimentalphysik 1a: Mechanik“ sowie VEX1B „Experimentalphysik 1b: Thermodynamik“ und VEX2 „Experimentalphysik 2: Elektrodynamik“ können auch in anderer Reihenfolge gehört werden.
Für Studienanfänger und –anfängerinnen im Sommersemester wird die Wahrnehmung der Studienfachberatung nach § 9 Abs. 1 empfohlen.
- (3) Die Regelstudienzeit bis zum Bachelorabschluss beträgt sechs Semester. Der Fachbereich Physik garantiert auf der Grundlage dieser Ordnung ein Lehrangebot, das es Studierenden ermöglicht, die Regelstudienzeit einzuhalten. Dieses Lehrangebot wird teilweise von anderen Fachbereichen auf Grundlage entsprechender fachbereichsübergreifender Vereinbarungen bereitgestellt.

§ 40 Struktur des Bachelorstudiengangs

- (1) Der Bachelorstudiengang umfasst die im Studienplan aufgeführten Module inklusive der Bachelorarbeit. Eine Übersicht befindet sich in Anhang 1, die Beschreibung der Module im Modulhandbuch. Die Gesamtzahl der in diesem Studiengang zu erbringenden CP beträgt 180, von denen 12 auf die Abschlussarbeit entfallen.
- (2) Wahlpflichtmodule dienen der Spezialisierung und sollen an die aktuelle Forschung heranzuführen. Das Angebot an Wahlpflichtmodulen ist dem Modulhandbuch zu entnehmen; Abweichungen davon gemäß § 12 Abs. 2 und 3 werden durch Aushang am Dekanat bekanntgegeben.
- (3) Neben den Studien- und Prüfungsleistungen zu den in Anhang 1a aufgeführten Pflichtmodulen sind Studien- und Prüfungsleistungen in Nebenfächern und in Wahlpflichtmodulen im Umfang von insgesamt 32 CP zu erbringen; davon 16 – 22 CP in einem oder zwei nichtphysikalischen Nebenfächern und 10-16 CP in Wahlpflichtmodulen. Damit soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, auf einem naturwissenschaftlichen oder auch anderweitigen Gebiet ihres besonderen Interesses Kenntnisse und Fähigkeiten zu erwerben und damit die Breite ihrer Ausbildung zu erhöhen.
- (4) Von den CP im Wahlpflichtbereich dürfen 3 CP in Modulen zu Schlüsselqualifikationen erworben werden.
- (5) Die Bachelorarbeit (inklusive vorherigen Projektplanung) wird innerhalb eines Zeitraums von drei Monaten (siehe Beschreibung im Modulhandbuch) angefertigt. Mit der Bachelorarbeit sollen die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind, selbständig ein begrenztes Problem aus der Physik zu analysieren und zu lösen. Näheres zur Wahl des Themas, Anfertigung, Betreuung und Beurteilung der Bachelorarbeit regelt § 30.
- (6) Das Studium endet, wenn alle für den Bachelorabschluss erforderlichen Module erfolgreich abgeschlossen wurden und die Abschlussarbeit (Bachelorarbeit) mit mindestens „ausreichend“ bewertet wurde.

§ 41 Sonderregelungen für den Schwerpunkt Informationstechnologie

- (1) Wird der Schwerpunkt „Informationstechnologie“ gewählt, so ersetzt er vollständig das Nebenfach und die Wahlpflichtmodule. Die zu diesem Schwerpunkt gehörenden Pflichtmodule sind in Anhang 1b aufgeführt (von den Pflichtmodulen des MSc in Physik ohne Schwerpunkt entfällt dabei die „Einführung in die Programmierung“).
- (2) Das Thema der Bachelorarbeit muss im Zusammenhang mit dem Gebiet der Physik der Informationstechnologie stehen, also etwa Physik der Computerhardware, physikalische Probleme der Erzeugung, Erfassung, Verarbeitung

und Übertragung von Daten sowie Grundlagenfragen der Informationstechnologie. In Zweifelsfällen entscheidet der Prüfungsausschuss. Es wird dringend empfohlen, das Thema einer geplanten Bachelorarbeit vor Beginn darauf prüfen zu lassen.

§ 42 Umfang der Bachelorprüfung

Die Bachelorprüfung setzt sich zusammen aus

1. den Modulprüfungen der gemäß Studienplan (Anlage 1a) zum Pflichtbereich gehörenden Module,
2. den Modulprüfungen zum Nebenfach oder den Nebenfächern und den Studienleistungen bzw. Modulprüfungen zu Wahlpflichtmodulen gemäß Studienplan.

§ 43 Bachelorarbeit

(1) Die Bachelorarbeit ist eine Abschlussarbeit gemäß § 30. Ihr geht eine Vorbereitung voraus, die zur Einarbeitung in die Methoden der Arbeitsgruppe dient. Der Bearbeitungszeitraum der Bachelorarbeit beträgt 3 Monate. Dazu ist das Thema entsprechend einzugrenzen. Die Bearbeitungsfrist beginnt mit dem der Ausgabe des Themas folgenden Werktag. Das gestellte Thema kann nur einmal zurückgegeben werden. Bei einer Wiederholung der Bachelorarbeit gemäß § 1 Abs. 3 kann das Thema nur dann zurückgegeben werden, wenn dies beim ersten Versuch nicht der Fall war. Eine Verlängerung des Bearbeitungszeitraums erfolgt unter den Voraussetzungen des § 30 Abs. 10. Der Bachelorarbeit entsprechen 12 CP, der Vorbereitung 3 CP.

(2) Die Zulassung zur Bachelorarbeit kann beantragen, wer die erfolgreiche Absolvierung der Module VTH1, VTH2, VTH3, VEX1A und VEX1B, VEX2, VEX3, PEX1 und PEX2, sowie VMATH1 und VMATH2 und zusätzlich Kreditpunkte aus abgeschlossenen Modulen oder Modulteilen im Äquivalent von 20 CP nachweist.

§ 44 Gesamtnote der Bachelorprüfung

(1) In die Gesamtnote der Bachelorprüfung gehen die Modulnoten in Gruppen ein. In jeder Gruppe wird, soweit mehrere Module zur Note beitragen, der auf 4 Dezimalstellen nach dem Komma gerundete Mittelwert berechnet, wobei die ausgewählten Module mit ihren CP gewichtet werden. Dieser Mittelwert geht dann mit dem für die Gruppe angegebenen Gesamtgewicht in die Endnote ein. Die Gruppen sind

- a) Experimentalphysik: die Module VEX1B, VEX2, VEX3, VEX4A und VEX4B. Aus diesen sind Noten zu mindestens 20 CP auszuwählen. Gesamtgewicht der Gruppe: 32 CP.
- b) Theoretische Physik: die Module VTH2 (bzw. VTHS), VTH3, VTH4 und VTH5. Aus diesen werden drei ausgewählt. Gesamtgewicht der Gruppe: 32 CP.
- c) Bachelorarbeit: das Modul BAP geht mit der Note der Bachelorarbeit ein. Gesamtgewicht der Gruppe: 15 CP.
- d) Mathematik: die Module VMATH1, VMATH2 und VMATH3. Aus diesen werden zwei ausgewählt. Gesamtgewicht der Gruppe: 24 CP.
- e) Wahlbereich: Noten aus bestandenen Wahlpflichtmodulen gemäß § 12 Abs. 4 mit einem Umfang von mindestens 8 CP bis maximal 15 CP. Gesamtgewicht der Gruppe: 11 CP..
- f) Noten aus bestandenen Nebenfachmodulen. Gesamtgewicht der Gruppe 20 CP.
- g) Informationstechnologie: Wenn der Schwerpunkt „Informationstechnologie“ gewählt wurde, sind der Wahl- und Nebenfachbereich zu ersetzen durch die Gruppe aus den Modulen: VHABAU, B-PRG1, B-PRG2

und B-DS. Davon gehen die Noten von VHABAU und von zweien der anderen Module ein. Gesamtgewicht: 31 CP.

Im Falle einer Auswahl werden jeweils die besseren Noten für die Endnote berücksichtigt.

(2) Für die Bachelorprüfung wird eine Gesamtnote gebildet. Diese ergibt sich als das mit den angegebenen Gesamtgewichten berechnete Mittel der nach Abs. 1 zu bildenden Gruppennoten. Bei dieser Mittelung wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt. Alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen.

Die Gesamtnote einer bestandenen Bachelorprüfung lautet:

Bei einem Durchschnitt bis einschließlich 1,5	sehr gut
bei einem Durchschnitt von 1,6 bis einschließlich 2,5	gut
bei einem Durchschnitt von 2,6 bis einschließlich 3,5	befriedigend
bei einem Durchschnitt von 3,6 bis einschließlich 4,0	ausreichend.

§ 45 Endgültiges Nichtbestehen oder Abbruch der Bachelorprüfung

(1) Die Bachelorprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn

- a) eine Prüfungsleistung auch in ihrer letztmaligen Wiederholung mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet wurde oder nach § 1 als mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet gilt;
- b) die Bachelorarbeit zum zweiten Mal mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet wurde oder gemäß § 1 als mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet gilt;
- c) der Prüfungsanspruch wegen Überschreiten der Wiederholungsfristen erloschen ist;
- d) nach § 13 Abs. 1 festgesetzten Fristen abgelaufen oder ggf. erteilte Auflagen nicht erfüllt worden sind, ohne dass die oder der Studierende einen Antrag auf Fristverlängerung nach § 13 Abs. 2 gestellt hat oder ohne dass einer Fristverlängerung nach § 13 Abs. 2 stattgegeben wurde.

(2) Ist die Bachelorprüfung endgültig nicht bestanden, so stellt der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses einen Bescheid mit Angaben aller Prüfungsleistungen und den Gründen für das Nichtbestehen der Bachelorprüfung aus. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen und dem oder der Studierenden bekannt zu geben.

(3) Studierende, die die Johann Wolfgang Goethe-Universität ohne Abschluss verlassen oder ihr Studium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in einem anderen Studiengang fortsetzen und nicht zu einer Modulprüfung im Bachelorstudiengang angemeldet sind und die Bachelorarbeit oder die Masterarbeit noch nicht begonnen haben, erhalten auf Antrag und gegen Vorlage der entsprechenden Nachweise (Exmatrikulationsbescheinigung oder Nachweis des Studiengangswechsels) eine zusammenfassende Bescheinigung über die erbrachten Studien- und Prüfungsleistungen, deren Umfang in CP und deren Noten sowie die noch fehlenden Prüfungsleistungen. Die Bescheinigung muss erkennen lassen, dass die Bachelorprüfung in Physik noch nicht bestanden ist.

Abschnitt V: Masterstudium und Masterprüfung

§ 46 Sprachen des Masterstudiums

- (1) Das Masterstudium erfordert Kenntnisse der englischen Sprache, da die spezialisierte Literatur und die fortgeschrittenen Seminare nur in englischer Sprache zugänglich sind. Das Studium kann auch vollständig in englischer Sprache absolviert werden.
- (2) Die Masterarbeit kann ohne besondere Genehmigung entweder in Deutsch oder in Englisch abgefasst werden. Für das Fortgeschrittenenpraktikum wird für mindestens die geforderte Zahl von Versuchen eine englischsprachige Betreuung angeboten.
- (3) Seminare und Vorlesungen können ebenfalls ohne besondere Genehmigung wahlweise in Deutsch oder Englisch stattfinden. Der Fachbereich stellt sicher, dass zu jedem Zeitpunkt genügend Veranstaltungen in englischer Sprache angeboten werden, dass die erforderlichen CP von Studierenden, die der deutschen Sprache nicht mächtig sind, erworben werden können.

§ 47 Zulassung zum Masterstudiengang

- (1) Zum Masterstudiengang kann nur zugelassen werden, wer
 - a) die Bachelorprüfung in der gleichen Fachrichtung bestanden hat oder
 - b) einen mindestens gleichwertigen Abschluss einer deutschen Universität oder einer Fachhochschule mit einer Regelstudienzeit von mindestens sechs Semestern besitzt. Gleichwertigkeit eines Abschlusses ist gegeben, wenn die wesentlichen Anteile der Experimentalphysik, theoretischen Physik und Mathematik, wie sie den vorliegenden Bachelor-Studiengang kennzeichnen, enthalten sind.
 - c) oder einen mindestens gleichwertigen ausländischen Abschluss in gleicher oder verwandter Fachrichtung mit einer Regelstudienzeit von mindestens sechs Semestern besitzt. Im Fall von Abschlüssen, die an einer anerkannten ausländischen wissenschaftlichen Hochschule erworben wurden, sind die von der Kultusministerkonferenz und der Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen sowie Absprachen im Rahmen von Hochschulpartnerschaftsverträgen zu beachten. Soweit Äquivalenzvereinbarungen nicht vorliegen, entscheidet der Prüfungsausschuss. Bei Zweifeln an der Gleichwertigkeit ist die Zentralstelle für ausländisches Bildungswesen zu hören.

Außerdem muss der Prüfungsanspruch für den entsprechenden Masterstudiengang noch bestehen, zum Beispiel darf die Masterprüfung noch nicht endgültig nicht bestanden sein. Zur diesbezüglichen Überprüfung sind Erklärungen gemäß § 20 Abs. 1 a) vorzulegen. § 20 Abs. 3 b) gilt entsprechend. Ist die Note des Bachelorabschlusses schlechter als 2,5, so muss die oder der Studierende vor der Zulassung zu einer Studienberatung eingeladen werden.

- (2) Studienbewerber und Studienbewerberinnen mit ausländischer Hochschulzugangsberechtigung müssen bei der Immatrikulation

- entweder entsprechend der „Ordnung der Johann Wolfgang Goethe-Universität über die Deutsche Sprachprüfung für den Hochschulzugang“ in ihrer jeweils gültigen Fassung die Sprachprüfung mit mindestens dem Ergebnis DSH-2 nachweisen, sofern sie nicht von der Deutschen Sprachprüfung nach Maßgabe der DSH-Ordnung freigestellt sind,
- oder ausreichende Englischkenntnisse gemäß TOEFL oder IELTS nachweisen, sofern Englisch nicht ihre Muttersprache ist. Dabei werden ein TOEFL score von mindestens 80 (ibt), 213 (cbt) bzw. 550 (pbt) und ein IELTS score von mindestens 6.5 als ausreichend betrachtet.

(3) Bei Studienbewerberinnen und Studienbewerbern, die sich zum Zeitpunkt der Bewerbung noch in einem Bachelorstudiengang nach Abs.1 Ziff. 1 befinden, kann der Prüfungsausschuss auf der Grundlage eines vorläufigen Notenauszugs (Transcript of Records) die vorläufige Zulassung zum Masterstudiengang Physik aussprechen, wenn die Bachelorarbeit bereits abgeschlossen ist oder kurz vor dem Abschluss steht und eine Empfehlung der Betreuerin oder des Betreuers der Bachelorarbeit vorliegt. Wird das Bachelorzeugnis nicht innerhalb von 12 Monaten nach der vorläufigen Zulassung dem Prüfungsausschuss vorgelegt, so teilt dieser dies dem Studierendensekretariat zwecks Widerrufs der vorläufigen Zulassung zum Masterstudiengang mit.

(4) Über die Erfüllung der Aufnahmevoraussetzungen, insbesondere über die Gleichwertigkeit des vorhandenen akademischen Abschlusses, entscheidet der Prüfungsausschuss. Der Ausschuss kann ggf. Auflagen erteilen, insbesondere bei Wahl des Schwerpunktes „Informationstechnologie“.

§ 48 Studienbeginn und Regelstudienzeit für das Masterstudium

(1) Das Studium kann zum Winter- und Sommersemester aufgenommen werden.

(2) Die Regelstudienzeit bis zum Masterabschluss beträgt vier Semester. Der Fachbereich Physik garantiert auf der Grundlage dieser Ordnung ein Lehrangebot, das es Studierenden ermöglicht, die Regelstudienzeit einzuhalten.

§ 49 Struktur des Masterstudiengangs

(1) Der Masterstudiengang umfasst die in 2a aufgeführten Module. Die Beschreibung der Module ergibt sich aus dem Modulhandbuch. Die Gesamtzahl der in Masterstudiengang zu erbringenden CP beträgt 120, von denen 30 auf die Masterarbeit entfallen.

(2) Wahlpflichtmodule sollen an die aktuelle Forschung heranführen. Das Angebot an Wahlpflichtmodulen ist der Modulbeschreibung zu entnehmen; Abweichungen davon gemäß § 12 Abs. 2 und 3 dieser Ordnung werden durch Aushang am Dekanat und im Internet bekanntgegeben.

(3) Neben den Studien- und Prüfungsleistungen zu den in Anhang 2a aufgeführten Modulen sind Studien- und Prüfungsleistungen in einem nichtphysikalischen Nebenfach und in Wahlpflichtmodulen im Umfang von insgesamt 42 CP zu erbringen. Davon entfallen 12 – 16 CP auf das Nebenfach und 26-30 CP auf Wahlpflichtmodule. Damit soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, auf einem naturwissenschaftlichen oder auch anderweitigen Gebiet ihres besonderen Interesses Kenntnisse und Fähigkeiten zu erwerben und damit die Breite ihrer Ausbildung zu erhöhen.

(4) Von den CP im Wahlpflichtbereich dürfen 3 CP in Modulen zu Schlüsselqualifikationen erworben werden. Mindestens 3 CP müssen aus Wahlpflichtmodulen stammen, die vom Institut für Theoretische Physik angeboten werden.

(5) Die Masterarbeit wird innerhalb eines Zeitraumes von sechs Monaten nach der fachlichen Spezialisierung und der Ausarbeitung eines Forschungsprojekts (Module PR und SPE) angefertigt. Mit der Masterarbeit sollen die Studierenden zeigen, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem aus der Physik selbständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. Näheres zur Wahl des Themas, Anfertigung, Betreuung und Beurteilung der Masterarbeit regelt § 30.

(6) Das Studium endet, wenn alle erforderlichen Module nach Maßgabe dieser Ordnung erfolgreich abgeschlossen wurden und die Abschlussarbeit mit mindestens „ausreichend“ bewertet wurde.

§ 50 Sonderregelungen für den Schwerpunkt Physik der Informationstechnologie

- (1) Die zu diesem Schwerpunkt gehörenden Pflichtmodule sind in Anhang 2b aufgeführt. Das Nebenfach entfällt. Im Wahlpflichtbereich sind insgesamt 42 CP einzubringen, wovon 22-26 aus dem Wahlpflichtangebot der Physik stammen und 16-20 aus dem der Informatik.
- (2) Das Thema der Arbeit ist entsprechend § 41 Abs. 2 eingeschränkt.
- (3) Die Wahl des Schwerpunktes „Informationstechnologie“ muss bei Beginn des Masterstudiums erklärt werden.

§ 51 Sonderregelungen für den Schwerpunkt Computational Physics

- (1) Die zu diesem Schwerpunkt gehörenden Pflichtmodule sind in Anhang 2c aufgeführt. Das Nebenfach entfällt. Neben den allgemeinen Pflichtmodulen gemäß Anhang 2a im Umfang von 78 CP sind zusätzlich Pflicht- und Wahlpflichtmodule aus den Bereichen Numerische Mathematik, Informatik und Computational Physics im Umfang von 27-29 CP zu absolvieren. Schließlich sind 13-15 CP über Wahlpflichtmodule einzubringen, die entweder aus dem Wahlpflichtangebot der Physik stammen können oder aus den in Anhang 2d aufgeführten Modulen. Insgesamt sind auf diese Weise zusätzlich zu den 78 CP aus Pflichtmodulen gemäß Anhang 2a mindestens 42 CP zu erwerben.
- (2) Pflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt Computational Physics oder einzelne Lehrveranstaltungen aus diesen Pflichtmodulen, die bereits im Rahmen des Bachelorstudiums eingebracht wurden, werden für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt Computational Physics anerkannt. Zum Ausgleich sind zusätzliche Wahlpflichtmodule in mindestens gleichem CP-Umfang aus dem Wahlpflichtangebot der Physik oder den in Anhang 2d aufgeführten Modulen zu absolvieren. Falls benotete Pflichtmodule anerkannt werden, sind die sie ersetzenden, zusätzlichen Wahlpflichtmodule ebenfalls mit einer benoteten Prüfung abzuschließen.
- (3) Das Thema der Masterarbeit ist auf Projekte eingeschränkt, die einen klaren Bezug zum Bereich Computational Physics aufweisen. Im Zweifelsfall entscheidet der Prüfungsausschuss über die Zulässigkeit eines Themas.
- (4) Bedingung für die Zulassung zum Schwerpunkt ist, dass ausreichende Kenntnisse im Programmieren (bevorzugt in C++) vorhanden sind.
- (5) Die Wahl des Schwerpunktes Computational Physics muss bei Beginn des Masterstudiums erklärt werden.

§ 52 Umfang der Masterprüfung

- (1) Die Masterprüfung setzt sich zusammen aus
 1. den Modulprüfungen der gemäß Studienplan (Anlage 2a bzw. 2b, 2c, 2d) zum Pflichtbereich gehörenden Module,
 2. den Modulprüfungen zum Nebenfach oder den Nebenfächern und den Studienleistungen bzw. Modulprüfungen zu Wahlpflichtmodulen gemäß Studienplan.
- (2) Die den einzelnen Modulen zugeordneten Kreditpunkte (CP) sind im Anhang 2 zusammengefasst.
- (3) Die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen sind im Modulhandbuch aufgeführt.
- (4) Eine Liste der möglichen Wahlpflichtmodule findet sich im Modulhandbuch. Wahlpflichtmodule aus dem Bachelorstudiengang dürfen ebenfalls gewählt werden, sofern sie nicht schon im Bachelorstudiengang angerechnet wurden. Im Übrigen gilt § 12 Abs. 2 für zusätzlich mögliche Wahlpflichtmodule.

§ 53 Masterarbeit

(1) Die Masterarbeit ist eine Abschlussarbeit gemäß § 30. Ihr gehen die Module FS: „Fachliche Spezialisierung“ und EP: „Erarbeiten eines Projekts“ voraus. Der Bearbeitungszeitraum der Masterarbeit alleine beträgt 6 Monate. Die Gesamtdauer der drei Module sollte 12 Monate nicht überschreiten. Die Bearbeitungsfrist beginnt mit dem der Ausgabe des Themas folgenden Werktag. Das gestellte Thema kann nur einmal und nur innerhalb des ersten Drittels des Bearbeitungszeitraums zurückgegeben werden. Bei einer Wiederholung der Masterarbeit gemäß § 1 kann das Thema nur dann zurückgegeben werden, wenn dies beim ersten Versuch nicht der Fall war. Eine Verlängerung des Bearbeitungszeitraums erfolgt unter den Voraussetzungen des § 30 Abs. 10. Der Masterarbeit entsprechen 30 CP, der fachlichen Spezialisierung und der Ausarbeitung des Forschungsprojekts jeweils 15 CP.

(2) Die Zulassung zur Masterarbeit setzt voraus, dass mindestens Prüfungsleistungen im Masterstudiengang im Äquivalent von 28 CP nachgewiesen werden und zusätzlich die Module „Fachliche Spezialisierung“ und „Erarbeitung eines Projektes“ erfolgreich abgeschlossen wurden.

§ 54 Gesamtnote der Masterprüfung

Für die Masterprüfung wird eine Gesamtnote gebildet. Diese ergibt sich als gewichtetes Mittel aus Modulgruppen. Dabei wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt. Alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen. Zur Gesamtnote tragen aus den benoteten Modulen folgende Gruppen mit dem angegebenen Gewicht bei:

1) Noten aus bestandenen Wahlpflichtmodulen gemäß § 12 Abs. 4 im Umfang von mindestens 18 CP mit einem Gewicht von insgesamt 35%. Wenn aus Wahlpflichtmodulen mehr benotete CP vorliegen, kann die oder der Studierende auswählen, welche in die Gesamtnote eingehen.

2) Alle Nebenfachmodule insgesamt: 15%

3) Wenn der Schwerpunkt Informationstechnologie gewählt wurde, sind anstelle von 1) und 2) Noten aus bestandenen Wahlpflichtmodulen gemäß § 1 Abs. 1 im Umfang von mindestens 30 CP einzubringen. Ihr Gewicht beträgt insgesamt: 50%.

4) Wenn der Schwerpunkt Computational Physics gewählt wurde, sind anstelle von 1) und 2) Noten aus bestandenen Pflichtmodulen gemäß Anhang 2c im Umfang von mindestens 21 CP sowie Wahlpflichtmodule gemäß Anhang 2c im Umfang von mindestens 8 CP einzubringen. Das Gewicht der Pflichtmodule beträgt dabei 35%, das der Wahlpflichtmodule 15%. Falls Pflichtmodule bereits im Rahmen des Bachelorstudiums absolviert wurden und daher für das Masterstudium anerkannt werden, gehen die Noten der die Pflichtmodule ersetzenden, zusätzlichen Wahlpflichtmodule ein.

5) Aus dem Bereich der Pflichtmodule die Masterarbeit: 50%

Innerhalb jeder Gruppe ist der Mittelwert der Noten nach Kreditpunkten gewichtet zu bilden; dabei wird auf vier Dezimalstellen hinter dem Komma gerundet.

Die Gesamtnote einer bestandenen Masterprüfung lautet:

Bei einem Durchschnitt von 1,0	ausgezeichnet
Bei einem Durchschnitt bis einschließlich 1,5	sehr gut
bei einem Durchschnitt von 1,6 bis einschließlich 2,5	gut
bei einem Durchschnitt von 2,6 bis einschließlich 3,5	befriedigend
bei einem Durchschnitt von 3,6 bis einschließlich 4,0	ausreichend.

§ 55 Endgültiges Nichtbestehen

(1) Die Masterprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn

- a) eine Prüfungsleistung auch in ihrer letztmaligen Wiederholung mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet wurde oder nach § 1 als mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet gilt;
- b) die Masterarbeit zum zweiten Mal mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet wurde oder gemäß § 1 als mit „nicht ausreichend“ (5,0) bewertet gilt;
- c) der Prüfungsanspruch wegen Überschreiten der Wiederholungsfristen erloschen ist;
- d) nach § 13 Abs. 1 festgesetzten Fristen abgelaufen oder ggf. erteilte Auflagen nicht erfüllt worden sind, ohne dass die oder der Studierende einen Antrag auf Fristverlängerung nach § 13 Abs.2 gestellt hat oder ohne dass einer Fristverlängerung nach § 13 Abs.2 stattgegeben wurde.

(2) Ist die Masterprüfung endgültig nicht bestanden, so stellt der oder die Vorsitzende des Prüfungsausschusses einen Bescheid mit Angaben aller Prüfungsleistungen und den Gründen für das Nichtbestehen der Masterprüfung aus. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen und dem oder der Studierenden bekannt zu geben.

(3) Studierende, die die Johann Wolfgang Goethe-Universität ohne Abschluss verlassen oder ihr Studium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in einem anderen Studiengang fortsetzen und nicht zu einer Modulprüfung im Masterstudiengang angemeldet sind oder die Masterarbeit begonnen haben, erhalten auf Antrag und gegen Vorlage der entsprechenden Nachweise (Exmatrikulationsbescheinigung oder Nachweis des Studiengangswechsels) eine zusammenfassende Bescheinigung über die erbrachten Studien- und Prüfungsleistungen, deren Umfang in CP und deren Noten sowie die noch fehlenden Prüfungsleistungen. Die Bescheinigung muss erkennen lassen, dass die Masterprüfung in Physik noch nicht bestanden ist.

Abschnitt VI: Schlussbestimmungen

§ 56 Ungültigkeit von Prüfungen, Behebung von Prüfungsmängeln

(1) Hat die Absolventin oder der Absolvent bei einer Prüfung eine Täuschungshandlung begangen und wird diese Tatsache erst nach Aushändigung des Prüfungszeugnisses bekannt, hat der Prüfungsausschuss nachträglich die Noten für diejenigen Prüfungsleistungen, bei deren Erbringung die Absolventin oder der Absolvent getäuscht hat, entsprechend zu berichtigen und die Prüfung ganz oder teilweise für ungültig zu erklären.

(2) Hat die Absolventin oder der Absolvent die Zulassung zu einer Prüfung durch eine Täuschungshandlung oder in anderer Weise vorsätzlich zu Unrecht erwirkt und wird dieser Mangel erst nach Aushändigung des Prüfungszeugnisses bekannt, entscheidet der Prüfungsausschuss nach den Bestimmungen des Hessischen Verwaltungsverfahrensgesetzes (HVwVfG) in der jeweils gültigen Fassung über die Rücknahme rechtswidriger Verwaltungsakte.

(3) Waren die Voraussetzungen für die Zulassung zu einer Prüfung nicht erfüllt, ohne dass die Absolventin oder der Absolvent hierüber täuschen wollte und wird dieser Mangel erst nach Aushändigung des Prüfungszeugnisses bekannt, wird er durch das Bestehen der Prüfung geheilt.

(4) Vor einer Entscheidung nach Abs.1 oder 2 ist der Absolventin oder dem Absolventen Gelegenheit zur Äußerung zu geben.

(5) Die Berichtigung von Prüfungsnoten oder die Annullierung von Prüfungsleistungen ist der Absolventin oder dem Absolventen unverzüglich schriftlich mit der Angabe der Gründe bekannt zu geben. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Das Prüfungsamt hat das unrichtige oder zu Unrecht erteilte Zeugnis sowie das

Diploma-Supplement und die Bachelor-Urkunde unverzüglich einzuziehen. Gegebenenfalls sind neue Urkunden auszustellen.

(6) Eine Entscheidung nach Abs.1 oder Abs.2 ist nach einer Frist von fünf Jahren ab dem Datum des Zeugnisses ausgeschlossen.

§ 57 Prüfungsgebühren

(1) Sofern das Präsidium der Johann Wolfgang Goethe – Universität die Erhebung von Prüfungsgebühren aussetzt, finden die Absätze 2 und 3 keine Anwendung.

(2) Die Prüfungsgebühren betragen

1. für die Bachelorprüfung einschließlich der Bachelorarbeit insgesamt 150,- Euro;
2. für die Masterprüfung einschließlich der Masterarbeit insgesamt 100,- Euro.

(3) Die Gebühren nach Abs. 2 Ziff. 1 oder 2 werden in zwei hälftigen Raten fällig, und zwar die erste Rate bei der Beantragung der Zulassung zur Bachelor- beziehungsweise Masterprüfung, die zweite Rate bei der Zulassung der Bachelor- beziehungsweise Masterarbeit. Die Entrichtung der Prüfungsgebühren ist beim Prüfungsamt nachzuweisen.

§ 58 Einsicht in die Prüfungsunterlagen

(1) Nach jeder Modulprüfung und nach Abschluss des gesamten Prüfungsverfahrens wird der oder dem Studierenden auf Antrag Einsicht in ihre oder seine schriftlichen Prüfungsarbeiten, die darauf bezogenen Gutachten und in die Prüfungsprotokolle gewährt. Der Antrag ist bei der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu stellen. Die oder der Vorsitzende bestimmt Ort und Zeit der Einsichtnahme.

(2) Die Prüfungsakten sind von den Prüfungsämtern zu führen. Maßgeblich für die Aufbewahrungsfristen von Prüfungsunterlagen ist § 20 HImmaVO.

§ 59 Einsprüche und Widersprüche gegen das Prüfungsverfahren und gegen Prüfungsentscheidungen

(1) Gegen Entscheidungen der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses ist Einspruch möglich. Er ist bei der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses innerhalb von vier Wochen einzulegen. Über den Einspruch entscheidet der Prüfungsausschuss mit der Mehrheit seiner Mitglieder. Hilft er dem Einspruch nicht ab, erlässt er einen begründeten Ablehnungsbescheid, der mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen ist.

(2) Widersprüche gegen das Prüfungsverfahren und gegen Prüfungsentscheidungen sind, sofern eine Rechtsbehelfsbelehrung erteilt wurde, innerhalb eines Monats, sonst innerhalb eines Jahres nach Bekanntgabe bei der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses (Prüfungsamt) einzulegen und schriftlich zu begründen. Hilft der Prüfungsausschuss, nach Stellungnahme der beteiligten Prüferinnen und Prüfer, dem Widerspruch nicht ab, erteilt die Präsidentin oder der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität einen begründeten Widerspruchsbescheid, der mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen ist.

§ 60 In-Kraft-Treten und Übergangsbestimmungen

(1) Diese Ordnung tritt am Tage nach ihrer Veröffentlichung im UniReport aktuell der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main (Satzungen und Ordnungen) in Kraft. Sie ersetzt die Ordnung für den Bachelor- und

den Masterstudiengang Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität vom 20.07.2011, die außer Kraft gesetzt wird.

(2) Studierende im Master-Studiengang, die unter Geltung der Ordnung vom 20.07.2011 oder der vom 26. 2. 2008 ihr Studium begonnen haben, können ihr Studium nach den bisherigen Bestimmungen abschließen. Alle verbleibenden Prüfungsleistungen sind bis zum Ende des Wintersemesters 2016/2017 zu erbringen. Soweit dafür notwendige Pflichtveranstaltungen nicht mehr oder in anderer Form angeboten werden, entscheidet der Prüfungsausschuss über die Anerkennung äquivalenter Lehrveranstaltungen. Teilzeitstudierende müssen ihre Studien- und Prüfungsplanung auf den in Satz 2 genannten Termin abstimmen. Für Studierende im Bachelor-Studiengang, die ihr Studium unter Geltung der Ordnung vom 20.07.2011 begonnen haben oder zu dieser Ordnung gewechselt sind, ersetzt diese Ordnung mit Inkrafttreten die Ordnung vom 20.07.2011. (3) Studierende, die ihr Studium im Diplomstudiengang Physik begonnen haben, können ihr Studium im Diplomstudiengang nach Maßgabe Diplomprüfungsordnung vom 15. 1. 1997 fortsetzen. Sie müssen die Diplomprüfung in diesem Studiengang bis zum 31. Dezember 2015 abgeschlossen haben. Danach werden im Diplomstudiengang keine Prüfungen mehr angeboten. Teilzeitstudierende müssen ihre Studien- und Prüfungsplanung auf den in Satz 2 genannten Termin abstimmen.

(4) Studierende, die im Diplomstudiengang Physik eingeschrieben sind, können in den Bachelorstudiengang Physik wechseln. Über die Anrechnung und Benotung der bisher erbrachten Studien- und Prüfungsleistungen entscheidet der Prüfungsausschuss.

(5) Der Masterstudiengang Computational Science wird zum Ende des Sommersemesters 2013 eingestellt. Studierende im Masterstudiengang Computational Science, die das Studium zum Zeitpunkt des Inkrafttretens der vorliegenden Ordnung noch nicht abgeschlossen haben, haben alle noch fehlenden Prüfungsleistungen im Masterstudiengang bis Ende des Sommersemesters 2015 zu erbringen. Soweit für das Curriculum des Masterstudiengangs Computational Science vorgesehene Pflicht- oder Wahlpflichtmodule nicht mehr oder in anderer Form angeboten werden, entscheidet der Prüfungsausschuss über die Anerkennung äquivalenter Lehrveranstaltungen. Teilzeitstudierende müssen ihre Studien- und Prüfungsplanung auf den in Satz 2 genannten Termin abstimmen.

Studierende des Masterstudiengangs Computational Science, die unter Geltung der Ordnung vom 25.09.2006 das Studium aufgenommen haben und dieses bei Inkrafttreten der nachfolgenden Ordnung vom 22.06.2011 noch nicht abschließen konnten, können das Masterstudium nach den Regelungen der Ordnung vom 25.09.2006 fortsetzen. Ein Anspruch auf die Aufrechterhaltung des in der Ordnung vom 25.09.2006 vorgesehenen Curriculums besteht dabei nicht. Vielmehr sind Studierende, die ihr Studium nach den Regelungen der Ordnung vom 25.09.2006 abschließen möchten, im Fall von nicht fortgeführten Lehrveranstaltungen des in der Ordnung vom 25.09.2006 vorgesehenen Curriculums darauf verwiesen, inhaltlich gleichwertige Lehrveranstaltungen in den beteiligten Fächern im Rahmen der Modulstruktur der Ordnung vom 25.09.2006 zu absolvieren: Die inhaltlich gleichwertigen Lehrveranstaltungen ersetzen dabei lediglich die nicht fortgeführten Lehrveranstaltungen der Ordnung vom 25.09.2006, die Leistungsanforderungen der Ordnung vom 25.09.2006 bleiben jedoch bestehen. Über die inhaltliche Gleichwertigkeit entscheidet dabei im Zweifelsfall der Prüfungsausschuss. Alternativ kann Studierenden, die unter Geltung der Ordnung vom 25.09.2006 das Masterstudium aufgenommen haben und dieses bei Inkrafttreten der Ordnung vom 22.06.2011 noch nicht abschließen konnten, auf Antrag vom Prüfungsausschuss gestattet werden, ihr Studium nach den Regelungen der Ordnung vom 22.06.2011 fortzusetzen.

Frankfurt am Main, den 26. September 2013

Prof. Dr. Joachim Stroth

Dekan des Fachbereichs Physik

Anhang 1a: Pflichtmodule für den Bachelorstudiengang

Modul	Veranstaltung	Stunden	CP	Benotet?
1. Fachsemester				
VEX1A	Experimentalphysik 1a: Mechanik (Dauer bis zur Weihnachtspause)	3+1	6	Nein
VEX1B	Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (beginnt nach Weihnachtspause)	2+1	4	Ja
VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik	4+2,5	8	Nein
VMATH1	Mathematik für Studierende der Physik 1	4+2	8	Ja
2. Fachsemester				
VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik	4+2	8	Ja
PEX1	Anfängerpraktikum 1	4	8	Nein
VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik	4+2,5	8	Ja
VMATH2	Mathematik für Studierende der Physik 2	4+2	8	Ja
3. Fachsemester				
VEX3	Experimentalphysik 3a: Optik	2+1	4	Ja
	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten	2+1	4	Ja
PEX2	Anfängerpraktikum 2	4	8	Nein
VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik	4+2,5	8	Ja
VMATH3	Mathematik für Studierende der Physik 3	4+2	8	Ja
4. Fachsemester				
VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen	2+1	4	Ja
VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper	2+1	4	Ja
VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik	4+2,5	8	Ja
5. Fachsemester				
PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum	6	12	Nein
PPROG	Einführung in die Programmierung für Physiker	2+2	4	Nein
VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und statistische Physik	4+2,5	8	Ja
6. Fachsemester				
BA	Vorbereitung Bachelorarbeit	2	3	Nein
	Bachelorarbeit	3 Mon.	12	Ja
SBSC	Bachelorseminar	2	3	Nein

Es sind außerdem Nebenfachmodule im Umfang von mindestens 16-22 CP und Wahlpflichtmodule im Umfang von mindestens 10-16 CP einzubringen so dass insgesamt 32 CP erreicht werden gemäß § 40 Abs. 3. Drei CP der Nebenfachmodule dürfen aus Veranstaltungen zu Schlüsselqualifikationen stammen.

Anhang 1b: Pflichtmodule für Physik mit dem Schwerpunkt „Informationstechnologie“ im Bachelorstudiengang

Modul	Veranstaltung	Stunden	CP	Benotet?
1. Fachsemester				
VEX1A	Experimentalphysik 1a: Mechanik (Dauer bis zur Weihnachtspause)	5+2	6	Nein
VEX1B	Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (beginnt nach Weihnachtspause)	5+2	4	Ja
VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik	4+2,5	8	Nein
VMATH1	Mathematik für Physiker 1	4+2	8	Ja
2. Fachsemester				
VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik	4+2	8	Ja
PEX1	Anfängerpraktikum 1	4	8	Nein
VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik	4+2,5	8	Ja
VMATH2	Mathematik für Physiker 2	4+2	8	Ja
3. Fachsemester				
VEX3	Experimentalphysik 3a: Optik	2+1	4	Ja
	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten	2+1	4	Ja
PEX2	Anfängerpraktikum 2	4	8	Nein
VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik	4+2,5	8	Ja
VMATH3	Mathematik für Physiker 3	4+2	8	Ja
4. Fachsemester				
VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen	2+1	4	Ja
VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper	2+1	4	Ja
VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik	4+2,5	8	Ja
B-PRG2	Programmierung 2	4+2	8	Ja
B-DS	Datenstrukturen	2+1	5	Ja
5. Fachsemester				
PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum	6	12	Nein
B-PRG1	Programmierung 1	3+4	11	Ja
VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und statistische Physik	4+2,5	8	Ja
6. Fachsemester				
BA	Vorbereitung Bachelorarbeit	2	3	Nein
	Bachelorarbeit	3 Mon.	12	Ja
SBSC	Bachelorseminar	2	3	Nein
VHABAU	Halbleiter- und Bauelementephysik	2+1	4	Ja
B-HW1	Hardwarearchitekturen und Rechensysteme	3+2	8	Nein

Anhang 2a: Pflichtmodule für den Masterstudiengang

Modul	Veranstaltung	Stunden	CP	Benotet?
1. Fachsemester				
PEXFL	Forschungs- und Laborpraktikum	8	12	Nein
2. Fachsemester				
SPRO	Proseminar	2	3	Nein
3. Fachsemester				
SAG	Arbeitsgruppenseminar	2	3	Nein
FS	Fachliche Spezialisierung		15	Nein
EP	Erarbeiten eines Projektes		15	Nein
4. Fachsemester				
MA	Masterarbeit		30	Ja

Außerdem sind 26-30 CP über Wahlpflichtmodule und 12-16 CP über das Nebenfach Master einzubringen, so dass insgesamt eine Summe von mindesten 42 CP erreicht wird, siehe § 49 Abs. 3. Mindestens 3 CP müssen aus Wahlpflichtmodulen stammen, die vom Institut für Theoretische Physik angeboten werden.

Anhang 2b: Pflichtmodule für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt Informationstechnologie

Wenn der Abschluss mit Schwerpunkt Informationstechnologie angestrebt wird, sind dieselben Pflichtmodule zu absolvieren, wie sie in Anhang 2a angegeben sind.

Außerdem sind 22-26 CP über Wahlpflichtmodule aus dem Angebot der Physik (die verfügbaren Module sind in Kapitel 4 und 5 des Modulhandbuchs aufgeführt) und 16-20 CP aus dem der Informatik (siehe Modulhandbuch des MSc Informatik) einzubringen, so dass insgesamt eine Summe von mindesten 42 CP erreicht wird, siehe § 1 Abs. 1. Aus der Informatik wird vor allem das Modul B-GL1 empfohlen, ansonsten kann frei aus dem Angebot für den Master Informatik gewählt werden.

Anhang 2c: Pflichtmodule für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt *Computational Physics*

Wenn der Abschluss mit Schwerpunkt *Computational Physics* angestrebt wird, sind zum einen dieselben Pflichtmodule zu absolvieren, wie sie in Anhang 2a angegeben sind. Im Fall von Studierenden mit Schwerpunkt *Computational Physics* können dabei aber im Rahmen des Forschungs- und Laborpraktikums bis zu sechs Praktikumsversuche durch Computersimulationsexperimente ersetzt werden.

Zusätzlich sind von Studierenden mit Schwerpunkt *Computational Physics* folgende Pflichtmodule zu absolvieren:

Modul	Veranstaltung	Stunden	CP	Benotet?
1. Fachsemester (WS)				
BaM-NM	Vorsemesterkurs Mathematisches Programmieren		2	Ja
BaM-NM	Numerische Mathematik	V4+UE2	9	
M-HL	Hochleistungsrechnerarchitektur	V3+UE1	6	Ja
2. Fachsemester (SS)				
M-HL-PR	Praktikum Hochleistungsrechnerarchitektur	P6	6	Nein

Darüber hinaus muss mindestens eines der folgenden Module absolviert werden:

Modul	Veranstaltung	Stunden	CP	Benotet?
VCPSM	Computational Physics and Simulations with Matlab	V3+UE3	6	Ja
VNUMP	Numerische Methoden der Physik	V3+UE2	6	Ja
VNMDGL	Numerische Methoden für Differentialgleichungen der Geophysikalischen Strömungsmechanik	V2+UE2	5	Ja
VCMSST	Computational Methods in Solid State Theory	V2+UE1	4	Ja
VQMD	Quantum Molecular Dynamics	V3+UE2	6	Ja

Außerdem sind mindestens 13-15 CP über weitere Wahlpflichtmodule aus dem Wahlpflichtangebot der Physik oder den in Anhang 2d aufgeführten Bereichen einzubringen, so dass insgesamt eine Summe von mindestens 42 CP erreicht wird, siehe § 51, Abs. 1. Von diesen Wahlpflichtmodulen müssen mindestens 8 CP mit (einer) benoteten Prüfung(en) abgeschlossen werden.

Anhang 2d: Zusätzlich Wahlpflichtmodule für den Masterstudiengang mit Schwerpunkt *Computational Physics*

Studierende des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt *Computational Physics* können neben Wahlpflichtmodulen des Masterstudiengangs Physik auch folgende Wahlpflichtmodule einbringen:

Modul	Veranstaltung	Stunden	CP
	Meteorologie und Klimaforschung		
EMETA	Allgemeine Meteorologie	V3+UE2	6
EMETA	Allgemeine Klimatologie	V2+UE1	4
EMETB	Atmospheric Dynamics 1	V2+UE2	5
EMETB	Atmospheric Dynamics 2	V2+UE2	5
METTHA	Atmosphärendynamik 3	V3+UE2	7
METV	Numerical Weather Prediction	V2+UE1	4
FATDYN	Stochastische Beschreibung atmosphärischer Prozesse	V2+UE2	6
FATDYN	Schwerewellen, Klimavariabilität oder ein anderes Thema der fortgeschrittenen Atmosphärendynamik	V2+UE2	6
KLIMA	Klimasystemmodellierung	V2+UE2	6
KLIMA	Regionale Klimaprozesse	V2+UE2	6
	Geophysik und Mineralogie		
MWp Gph4	Numerische Methoden in der Geodynamik	V2+UE1	4
BWp 6	Kristallstrukturbestimmung	V2+UE1	3.5
BWp 6	Kristallchemie	V2	2
BWp 6	Mineralphysik	V2	2.5
BWp 6	Kristallographisches Seminar	S1	2
MWp Gph1	Geodynamik: Plattentektonik und Rheologie	V2+UE1	4
MWp Gph1	Geodynamik: Fluidodynamik und Wärmetransport	V2+UE1	4
MWp Gph2	Einführung in die Seismologie	V2+UE1	4
MWp Min5	Computational Mineralogy with empirical models	V2+UE2	4
MWp Min5	Computational Mineralogy with quantum mechanical models	V2+UE2	4
	Neuroscience		
VTHNEU1	Theoretical Neuroscience	V2	3
THNEU2	Methods for the Study of Complex Systems	V2+UE1	4
THNEU2	Reinforcement Learning	V2	3
THNEU2	Unsupervised Learning	V2	3
THNEU2	Visual System: Neural Structure, Dynamics, and Function	V2	3
THNEU2	Brain Dynamics	V2	3

Für die Teilnahme an den Modulen bzw Lehrveranstaltungen der Meteorologie und Geowissenschaften gelten die in den Modulhandbüchern BSc/MSc Meteorologie sowie BSc/MSc Geowissenschaften aufgeführten Voraussetzungen.

Anhang 3: Nebenfächer

Im Folgenden werden beispielhaft Nebenfächer für den Bachelor und Masterstudiengang aufgeführt. Weitere Nebenfächer können gemäß § 29 genehmigt werden. Module die im Bachelor eingebracht wurden, können nicht noch einmal im Master gewertet werden.

Alle Nebenfächer können sowohl im Bachelor als auch im Master-Studiengang eingebracht werden.

Nebenfach	Verantwortlicher Fachbereich	Module	Bemerkungen
Astronomie	Physik	AstroA (12 CP) AstroB (13 CP)	Bei der Wahl von Astronomie als Nebenfach ist Modul AstroA verpflichtend. AstroB danach optional.
Betriebswirtschaftslehre (s. Erläuterung)	Wirtschaftswissenschaften	entweder OFIN (5 CP) plus OMAR (5 CP) oder OFIN (5 CP) plus OMAR (5 CP) plus BACC (6 CP) plus BMGT (6 CP)	Die Module OFIN und OMAR sind verpflichtend. Es können zusätzlich die Module BACC und BMGT gewählt werden, die dann beide absolviert werden müssen.
Chemie	Chemie	Siehe separate Tabelle	Bei der Wahl von Chemie als Nebenfach ist das Modul ChemA sowie eines der Praktikumsmodule Module Chem B und PCP verpflichtend
Elektronik	Physik	ELEK (17 CP)	
Geophysik	Geowissenschaften/ Geographie	GPA (10CP) GPB (10CP) GPC (5CP)	Bei der Wahl von Geophysik als Nebenfach ist Modul GPA Pflicht, die anderen nach Wahl.
Informatik	Informatik und Mathematik	B-PRG1 (11 CP) B-PRG2 (8 CP) B-HW1 (8 CP) B-DS (5 CP) B-MOD (8 CP)	Bei der Wahl von Informatik als Nebenfach ist Modul PRG1 verpflichtend, alle anderen nach Wahl.
Mathematik	Mathematik	BaM-GS (14 CP) BaM-ES (9 CP) BaM-NM (12 CP) BaM-TO (5 CP)	Andere Module können nach Absprache gewählt werden.
Meteorologie	Geowissenschaften Geographie	EMETA, EMETB, METV, PCAA, METTHA, METP, MSEM, METK, METAC, METEAP, METAN, METAS, METSTAT, METSYN; MT, MK, ME, SpV2	Verpflichtend sind bei erstmaliger Belegung des Nebenfachs entweder Modul EMETA oder EMETB. Nur im M.Sc. Physik wählbar sind die Module MT, MK, ME, und SpV2, unter der Voraussetzung dass bereits im BSc Physik das Nebenfach Meteorologie gewählt wurde
Philosophie	Philosophie und Geschichtswissenschaften	BM 1, 2, 3, 4 (12 CP) AM 4 (8 CP) AM2a (8CP) VM4 (8CP) VM 2a (8CP)	

Physikdidaktik	Physik	Physikdidaktik 1 (13 CP) Physikdidaktik 2 (13 CP)	Bei der Wahl als Nebenfach im BA/MA ist das Modul Physikdidaktik 1 verpflichtend. Sollte Physikdidaktik im BA schon Nebenfach gewesen sein, wird das Modul Physikdidaktik 2 im Master verbindlich. Andernfalls ist es optional.
Volkswirtschaftslehre (s. Erläuterung)	Wirtschaftswissenschaften	entweder OVWL (10 CP) oder OVWL (10 CP) plus BMIK (12 CP) oder BMAK (12 CP)	Das Modul OVWL ist verpflichtend, es kann zusätzlich noch BMIK oder BMAK gewählt werden.

Erläuterung: Zu den Nebenfächern Betriebswirtschaftslehre und Volkswirtschaftslehre existiert eine Ordnung, die beim Prüfungsamt des Fachbereichs 02 erhältlich ist. Die Belegung derselben Fachrichtung (BWL/VWL) des gewählten Nebenfaches, im Bachelor- und Masterstudiengang ist nicht möglich.

Nebenfach Chemie im Bachelorstudiengang Physik

Modul	CP	Bemerkung
Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie für Naturwissenschaftler	7	verpflichtend
Praktikum Allgemeine und anorganische Chemie für Naturwissenschaftler	4	Eines der beiden Praktika ist verpflichtend
Physikalisch-chemische Experimente für Studierende im Nebenfach	6	
Festkörperchemie	3	
Anorganische Materialien und Werkstoffe	5	
Organische Chemie für Naturwissenschaftler	7	
Thermodynamik	6	
Molekulare Spektroskopie	5	
Einführung in die Computerchemie	5	

Nebenfach Chemie im Masterstudiengang Physik

Für das Nebenfach Chemie im Rahmen des Masterstudiengangs Physik empfiehlt der Studiausschuss Chemie die folgenden Wahlpflichtmodule aus dem Masterstudiengang Chemie. Das erfolgreiche Bestehen eines Moduls beinhaltet in der Regel eine Abschlussprüfung; vereinzelt sind auch Modulteilprüfungen vorgesehen (siehe Modulbeschreibungen).

Modul	CP						
Struktur und Funktion	7						
Einführung in die Theorie der Magnetischen Resonanz Zugehörige Lehrveranstaltungen:	8 oder 12						
<table border="1"> <tr> <td>Einführung in die EPR-Spektroskopie</td><td>4 CP</td></tr> <tr> <td>Einführung in die Festkörper-NMR-Spektroskopie</td><td>4 CP</td></tr> <tr> <td>Mathematische Grundlagen der NMR-Spektroskopie</td><td>4 CP</td></tr> </table>	Einführung in die EPR-Spektroskopie	4 CP	Einführung in die Festkörper-NMR-Spektroskopie	4 CP	Mathematische Grundlagen der NMR-Spektroskopie	4 CP	
Einführung in die EPR-Spektroskopie	4 CP						
Einführung in die Festkörper-NMR-Spektroskopie	4 CP						
Mathematische Grundlagen der NMR-Spektroskopie	4 CP						
Einführung in die Praxis der Magnetischen Resonanz Zugehörige Lehrveranstaltungen:	7 oder 10						
<table border="1"> <tr> <td>Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz</td><td>4 CP</td></tr> <tr> <td>NMR-Intensivkurs</td><td>3 CP</td></tr> <tr> <td>EPR-Intensivkurs</td><td>3 CP</td></tr> </table>	Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz	4 CP	NMR-Intensivkurs	3 CP	EPR-Intensivkurs	3 CP	
Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz	4 CP						
NMR-Intensivkurs	3 CP						
EPR-Intensivkurs	3 CP						
Laserchemie	5						
Röntgenstrukturanalyse Zugehörige Lehrveranstaltungen:	4 oder 8						
<table border="1"> <tr> <td>Seminar Röntgenstrukturanalyse</td><td>4 CP</td></tr> <tr> <td>Praktikum Röntgenstrukturanalyse</td><td>4 CP</td></tr> </table>	Seminar Röntgenstrukturanalyse	4 CP	Praktikum Röntgenstrukturanalyse	4 CP			
Seminar Röntgenstrukturanalyse	4 CP						
Praktikum Röntgenstrukturanalyse	4 CP						
Röntgenpulverdiffraktometrie Zugehörige Lehrveranstaltungen:	5 oder 9						
<table border="1"> <tr> <td>Vorlesung Röntgenpulverdiffraktometrie</td><td>5 CP</td></tr> <tr> <td>Praktikum Röntgenpulverdiffraktometrie</td><td>4 CP</td></tr> </table>	Vorlesung Röntgenpulverdiffraktometrie	5 CP	Praktikum Röntgenpulverdiffraktometrie	4 CP			
Vorlesung Röntgenpulverdiffraktometrie	5 CP						
Praktikum Röntgenpulverdiffraktometrie	4 CP						
Theoretische Photochemie	5						
Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie	5						
Moderne Methoden der Theoretischen Chemie	7						
Modellierung und Simulation von Biomolekülen	5						
Festkörperchemie	3						
Anorganische Materialien und Werkstoffe	5						

Modulhandbuch

B.Sc./M.Sc. Physik

18. September 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs	4
1.1	Experimentalphysik	4
1.2	Theoretische Physik	16
1.3	Mathematik	24
1.4	Bachelorarbeit	27
2	Zusätzliche Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i>	30
3	Pflichtmodule des Masterstudiengangs	39
3.1	Praktika und Seminare	39
3.2	Fachliche Spezialisierung und Masterarbeit	42
4	Wahlpflichtmodule des Bachelor- und Masterstudiengangs I) Jährlich angebotene Module	45
4.1	Fachgebietsübergreifende Veranstaltungen	45
4.2	Astrophysik und Kosmologie	54
4.3	Kern- und Elementarteilchenphysik	59
4.4	Festkörperphysik	76
4.5	Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik	91
4.6	Angewandte Physik	97
4.7	Biophysik	115
5	Wahlpflichtmodule des Bachelor- und Masterstudiengangs: II) Unregelmäßig oder zweijährlich angebotene Module	128
5.1	Fachgebietsübergreifende Veranstaltungen	128
5.2	Astrophysik und Kosmologie	135
5.3	Kern- und Elementarteilchenphysik	143
5.4	Festkörperphysik	146
5.5	Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik	159
6	Zusätzliche Wahlpflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i>	161
7	Zusätzliche Pflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>	163
8	Zusätzliche Wahlpflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>	174
9	Nebenfachmodule	179
9.1	Nebenfach Astronomie	179
9.2	Nebenfach Elektronik	182
	Index 1: Modulkürzel	186
	Index 2: Modultitel	188

Erläuterungen zu den Einträgen:

- Unterscheidung Pflicht/Wahlpflichtmodul und Pflicht/Wahlpflichtveranstaltung:
Es gibt Pflicht- und Wahlpflichtmodule, wobei erstere als Module absolviert werden müssen, auch wenn sie sich ihrerseits aus Wahlpflichtveranstaltungen aufbauen. Pflicht- und Wahlpflichtmodule sind im Modulhandbuch in unterschiedlichen Abschnitten aufgeführt. Innerhalb eines Moduls kann es — unabhängig vom Charakter des Moduls selbst — Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen geben, wobei im Fall von Modulen aus einer einzigen Veranstaltung diese notwendigerweise Pflicht sein muss. Pflicht- und Wahlpflichtlehrveranstaltungen eines Moduls sind im Modulhandbuch durch den Eintrag “Pf/WP” charakterisiert.
- Prüfungsmodalitäten:
Im Falle von Modulabschlussprüfungen wurden die Prüfungsform und -bedingungen dem Modul zugeordnet, im Fall von Modulteilprüfungen notwendigerweise der Veranstaltung.
- WS+SoSe = sowohl im WS als auch im SoSe
- WS/SoSe = entweder im WS oder im SoSe

1 Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs

1.1 Experimentalphysik

Modul:	VEX1A	Experimentalphysik 1a: Mechanik (Experimental Physics 1a: Mechanics)			
Ziele:	Das Modul ist das erste der Serie von vier Modulen der Experimentalphysik, das die klassische Physik behandelt. Es ist der Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper sowie Elementen der Hydrodynamik gewidmet. Da die Studierenden des ersten Semesters einen sehr heterogenen Bildungshintergrund haben, beginnt die Behandlung der Mechanik mit einer Wiederholung von Schulstoff und entwickelt daraus systematisch — veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente — Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Mechanik und der allgemeinen Physik. Die Studierenden lernen, konsequent mit vektoriellen Größen zu operieren und Bewegungsvorgänge der Translation und Rotation durch die Aufstellung von Bewegungsgleichungen und deren Lösung zu analysieren. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüber hinaus werden in den Übungen auch die “Soft Skills” des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt. Die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse werden in den Folgesemestern in den Praktika und in der Theorievorlesung VTH2 vertieft.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.3 CP		Selbststudium: 3.7 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: 2/3 Semester		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, unbenotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentalphysik 1a: Mechanik (die Lehrveranstaltung erstreckt sich über zwei Drittel des Semesters)		V5 + Ü2	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 1a: Mechanik (die Lehrveranstaltung erstreckt sich über zwei Drittel des Semesters)				

Inhalt:	<p>Mechanik: Massepunktnäherung, Kräfte, Gravitation, Newton'sche Gesetze, Bewegungsgleichung, Impuls- und Energieerhaltung, Stoßgesetze, trockene Reibung, Reibung im Fluid, harmonischer Oszillator (ungedämpft und gedämpft), starre Körper, Drehmoment, Drehimpuls, Bewegungsgleichung der Rotation, Drehimpulserhaltung, Scheinkräfte bei Rotation, Keplersche Gesetze.</p> <p>Hydrodynamik (diese Inhalte können aus Zeitgründen auch später, zum Beispiel zu Beginn der Elektrodynamik, wo sie auch zur Veranschaulichung von Vektorfeldern dienen können, gebracht werden): Quellen und Senken von Vektorfeldern, Kontinuitätsgleichung, Eulergleichung, Bernoulligleichung, Strömung in Röhren, Wirbel, Oberflächenspannung.</p>
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine

Modul:	VEX1B	Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (Experimental Physics 1b: Thermodynamics)			
Ziele:	Das Modul — das zweite der Experimentalphysikserie zur klassischen Physik — beschäftigt sich mit den Grundlagen der Thermodynamik. Im Gegensatz zur Mechanik müssen die Studierenden jetzt lernen, mit statistischen Beschreibungen von Teilchenensembles im thermodynamischen Gleichgewicht und bei (reversiblen) Zustandsänderungen umzugehen. Dieser begriffsbildende Teil der Vorlesung macht im wesentlichen vom Modellsystem des idealen Gases Gebrauch. Die Temperatur wird als Maß für die mittlere kinetische Translationsenergie der Teilchen eingeführt, der Druck als Ergebnis von Impulsüberträgen bei Stößen mit der Wand. Die wichtige Größe der Entropie wird vorgestellt und ihre Bedeutung für die Beschreibung von Zustandsänderungen herausgearbeitet. Neben diesen konzeptionellen Aspekten werden wichtige experimentelle Kenntnisse — unterstützt durch viele Demonstrationsexperimente — vermittelt. So werden Methoden der Messung von Temperatur und Druck vorgestellt, die Bestimmung von Wärmekapazitäten illustriert und verschiedene Arten von Zustandsänderungen und Kreisprozessen diskutiert und vorgeführt. Vom Modellsystem des idealen Gases zu realen Gasen übergehend, werden grundsätzliche Aspekte von Phasenumwandlungen herausgearbeitet. Aus zeitlichen Gründen nicht oder nur am Rande behandelt werden Materialaustauschprozesse und Stoffumwandlungen bei Zustandsänderungen, wie sie bei chemischen Reaktionen und bei Verbrennungsmotoren auftreten. Die in der Vorlesung erarbeiteten Grundlagen werden später im Anfängerpraktikum experimentell angewendet und in der Theorievorlesung VTH5 mathematisch-theoretisch vertieft.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.2 CP		Selbststudium: 2.8 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: 1/3 Semester		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (die Lehrveranstaltung erstreckt sich über ein Drittel des Semesters)		V5 + Ü2	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (die Lehrveranstaltung erstreckt sich über ein Drittel des Semesters)				

Inhalt:	Die Vorlesung Thermodynamik leitet makroskopische Zustandsgrößen ab, durch die Wärme als eine besondere Form der Energie behandelt werden kann und zeigt die Zusammenhänge auf, durch die sich Wärme in Arbeit überführen lässt. Die Inhalte werden auch anhand von zahlreichen Experimenten verdeutlicht. Kenntnisse über folgende Begriffe und Themen werden vermittelt: Temperatur und Druck und ihre Messung, Aggregatzustand, Wärme, molekulare Wärmeleitung, Konvektion, Wärmestrahlung, Thermografie, Zustandsdiagramme, Zustandsgrößen (p , V , T), ideales Gas, kinetische Gastheorie, Maxwell-Boltzmann-Verteilung, Gleichverteilungssatz, Regel von Dulong-Petit, Zustandsgleichung, spezifische Wärme, barometrische Höhenformel, Partialdruck, Osmose, Zustandsänderungen (reversibel/irreversibel, adiabatisch/isotherm/isobar/isochor), Gleichgewicht/Nichtgleichgewicht, Entropie und Wahrscheinlichkeit, Hauptsätze, Kreisprozesse, Wärmekraftmaschinen, Kältemaschinen und Wärmepumpen, reale Gase, Phasenumwandlung (van der Waals-Gleichung), Dampfdruckkurve, Gibbsche Phasenregel, Plancksches Strahlungsgesetz.
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine

Modul:	VEX2	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik (Experimental Physics 2: Electrodynamics)			
Ziele:	Das Modul behandelt die klassische Physik. Die Studierenden lernen Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Physik veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente kennen. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüberhinaus werden in den Übungen auch die “Soft Skills” des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentalphysik 2: Elektrodynamik		V4 + Ü2	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 2: Elektrodynamik				
Inhalt:	Veranschaulichung von Vektorfeldern anhand hydrodynamischer Beispiele, Elektrostatik, Potential und potentielle Energie, Satz von Gauß, Faraday-Käfig, van-de-Graaff-Generator, Feldelektronenmikroskop, Kondensator, Dielektrika, elektrischer Strom, Ohmsches Gesetz (mikroskopisch und makroskopisch), Kirchhoffsche Gesetze, Magnetostatik, magnetische Materialeigenschaften, Halleffekt, Amperesches Gesetz, Biot-Savart-Gesetz, Spule, Elektromotor, magnetische Induktion, Wirbelströme, Magnetismus, zeitlich veränderliche Felder, komplexer Widerstand, Rolle der Phase, Transformator, Schwingkreis, Maxwellsche Gleichungen, elektromagnetische Wellen, Dipolstrahlung, Wellenleiter und Resonatoren, Lorentztransformation der Felder.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul:	VEX3	Experimentalphysik 3: Optik, Atome und Quanten (Experimental Physics 3: Optics, Atoms and Quanta)			
Ziele:	Im Modul lernen Studierende den Paradigmenwechsel von der klassischen zur modernen Physik kennen. Dabei werden Kernkompetenzen abstrakter Problemlösung außerhalb unserer Alltagserfahrung vermittelt. Dieses Modul der experimentellen Physik erweitert den in den Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i> vermittelten Kanon von Schlüsselexperimenten und -phänomenen, die die Grundlage der technischen Kompetenz der Physikerin oder des Physikers bilden.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der kumulativen Modulprüfung				
Modulprüfung:	kumulative Modulprüfung über Modulteilprüfungen, benotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentalphysik 3a: Optik (Experimental Physics 3a: Optics)		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten (Experimental Physics 3b: Atoms and Quanta)		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 3a: Optik (Experimental Physics 3a: Optics)				
Inhalt:	Wellenoptik, ebene Wellen, Polarisisation, elektromagnetische Wellen in Materie, komplexer Brechungsindex, Übergang von einem Material in ein anderes, Fresnel-Gleichungen, Interferenz, geometrische Optik, Fermatsches Prinzip, optische Abbildung, optische Instrumente, Beugung, beugungsbegrenztes Auflösungsvermögen, Grundzüge der Abbeschen Abbildungstheorie, quantenoptischer Ansatz, optisches Pumpen und Laserübergänge.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				
Turnus:	jedes Jahr				
Prüfungsform:	mündliche Prüfung oder Klausur				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten (Experimental Physics 3b: Atoms and Quanta)				

Inhalt:	Größe und Nachweis von Atomen, das Photon, Photoeffekt, Comptoneffekt, Hohlraumstrahlung, Rutherfordstreuung, Teilchen als Wellen, Unschärferelation, Bohrsches Atommodell, Grundlagen der Quantenmechanik, Wellenfunktion, Schrödingergleichung, Potentialkasten, harmonischer Oszillator, Tunneleffekt, Quantenmechanik des Wasserstoffatoms, Spin, Feinstruktur, Lambshift, Hyperfeinstruktur, Zeemaneffekt, Paschen-Back-Effekt, Stern Gerlach Experiment, Pauliprinzip, das H_2^+ Molekül
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i>
Turnus:	jedes Jahr
Prüfungsform:	mündliche Prüfung oder Klausur
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

Modul:	VEX4A	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen (Experimental Physics 4a: Nuclei and Elementary Particles)			
Ziele:	Das Modul führt in die Physik der elementaren Bestandteile der Materie ein. Dabei wird ein zweigleisiges Konzept verfolgt. Zum einen die historische Entwicklung der Kernphysik des 20. Jahrhunderts aufgezeigt, die zu immer kleineren Strukturen vorstößt und schließlich bei den Quarks endet. Dabei liegt besonderes Gewicht auf den gesellschaftlich relevanten Themen Kernenergie und nukleare Waffentechnik. Zum anderen werden die elementaren Fermionen und Bosonen des Standardmodells von Beginn an genannt und deren fundamentale Wechselwirkungen durch Austausch von Teilchen schematisch anhand von vereinfachten Feynman-Graphen erläutert.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen				
Inhalt:	Aufbau und Struktur der Atomkerne; Kernreaktionen: Spaltung, Synthese, Fusion; Kernkraft; Radioaktivität; Streuexperimente; Struktur des Protons; elementare Wechselwirkungen und Teilchen: Leptonen, Hadronen, Quarks, Austauschteilchen; das Quarkmodell, das Standardmodell der Teilchenphysik; starke, schwache und elektromagnetische Wechselwirkung; Nachweismethoden: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Experimente und Detektoren der Teilchenphysik; Astrokernphysik.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i>				

Modul:	VEX4B	Experimentalphysik 4b: Festkörper (Experimental Physics 4b: Solids)			
Ziele:	Die Studierenden werden mit einigen grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und Formalismen vertraut gemacht, die sich aus der periodischen Anordnung von Atomen/Molekülen im kristallinen Festkörper ergeben. Dabei werden einfache Modelle und Konzepte vorgestellt, die zu einem qualitativen Verständnis wesentlicher Festkörpereigenschaften führen. Die Vorlesung zielt darauf ab, das Abstraktionsvermögen der Studierenden zu schärfen und ihnen ein Gerüst an die Hand zu geben, das sie in die Lage versetzt, grundlegende Phänomene der Festkörperphysik einzuordnen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentalphysik 4b: Festkörper		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Experimentalphysik 4b: Festkörper				
Inhalt:	Einführung: Grundlagenforschung an Festkörpern und Festkörper in der technischen Anwendung, Chemische Bindung, Aufbau kristalliner Festkörper, Streuung an periodischen Strukturen, reziprokes Gitter, Modell freier Elektronen, Bändermodell, Metalle und Isolatoren, Grundvorstellungen Supraleiter/Halbleiter, experimentelle Methoden der Festkörperphysik. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i>				

Modul:	PEX1	Anfängerpraktikum 1 (Basic Lab Class 1)			
Ziele:	Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 6.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	Abgabe von Praktikumsprotokollen				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, L3 Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Anfängerpraktikum 1		P4	8	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Anfängerpraktikum 1				
Inhalt:	Versuche zur Mechanik, Optik, Wärmelehre				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1</i> oder <i>Experimentalphysik 2</i>				

Modul:	PEX2	Anfängerpraktikum 2 (Basic Lab Class 2)			
Ziele:	Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 6.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	Abgabe von Praktikumsprotokollen				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, L3 Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Anfängerpraktikum 2		P4	8	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Anfängerpraktikum 2				
Inhalt:	Versuche zur Elektrizitätslehre				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1</i> oder <i>Experimentalphysik 2</i>				

Modul:	PEXF	Fortgeschrittenenpraktikum (Advanced Lab Class)			
Ziele:	Das Praktikum vermittelt experimentelle Fertigkeiten aus mehreren Gebieten der modernen Physik. Es wird Teamarbeit im Labor eingeübt. Vermittelt wird auch die Protokollierung von Laborarbeit, die Dokumentation und die kritische Evaluation von experimentellen Daten.				
Credit Points:	12	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 9.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	Abgabe von Praktikumsprotokollen und/oder Seminarvortrag				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Fortgeschrittenenpraktikum		P6	12	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Fortgeschrittenenpraktikum				
Inhalt:	Versuche aus den Themenkreisen: Hall-Effekt und Bandstruktur, Optisches Pumpen, Supraleitung und Phasenübergänge, Magnetische Hysterese, Filtern im Fourierraum, Hochfrequenzresonatoren, Ultrahochvakuum und Massenspektrometer, Volumenplasma, Multipol-Magnetfeldanalyse, digitale Steuerung, Mößbauer-Effekt, Röntgenfluoreszenz, β -Spektrometer, Ionisationskammer, γ - γ -Spektroskopie, Blitzlichtfotolyse, IR-Spektroskopie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

1.2 Theoretische Physik

Modul:	VTH1	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik (Theoretical Physics 1: Mathematical Methods of Theoretical Physics)			
Ziele:	Das Modul legt die mathematischen Grundlagen für alle weiteren Vorlesungen der theoretischen Physik. Die Studierenden lernen die wichtigsten Techniken zur Lösung der physikalischen Grundgleichungen in praktischen Problemen aus der Mechanik. Außerdem werden die physikalischen Grundkonzepte für die Beschreibung der Natur eingeführt, wie Raum und Zeit, Naturgesetze als Differentialgleichungen und typische Abstraktionen der Physik wie Punktteilchen.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.25 CP		Selbststudium: 4.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen oder mündliche Prüfung oder Klausur, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik		V4 + Ü2.5	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik				
Inhalt:	Vektorrechnung (Beispiel: Newtonsche Bewegungsgleichungen, Kreisbewegung, Drehimpuls), lineare Differentialgleichungen, komplexe Zahlen (Beispiel: harmonischer Oszillator), elementare Vektoranalysis und Kurvenintegrale (Beispiel: konservative Kräfte), krummlinige Koordinaten, Koordinatentransformationen (Beispiel: Galilei-Transformation, Scheinkräfte), Matrizen (Beispiel: Drehmatrizen, spezielle Relativitätstheorie), einfache Eigenwertprobleme.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul:	VTH2	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik (Theoretical Physics 2: Classical Mechanics)			
Ziele:	In diesem Modul wird die klassische Mechanik auf einem höheren Abstraktionsniveau behandelt. Die Studierenden lernen die Anwendung generalisierter Koordinaten sowie die Formulierung der Bewegungsgleichungen im Phasenraum oder als Variationsprobleme. Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Diskussion komplexer theoretischer Zusammenhänge. In den Übungen wird das Lernen in der Gruppe und die Vermittlung eigenen Wissens erlernt.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.25 CP		Selbststudium: 4.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik		V4 + Ü2.5	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik				
Inhalt:	Newtonsche Bewegungsgleichungen, Erhaltungssätze, Keplerproblem, Lagrangesche und Hamiltonsche Formulierung der Mechanik, Poisson-Klammern, starrer Körper, kräftefreier Kreisel, gekoppelte Oszillatoren, klassische Feldtheorie (schwingende Saite).				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltung <i>Theoretische Physik 1</i>				

Modul:	VTH3	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik (Theoretical Physics 3: Classical Electrodynamics)			
Ziele:	In diesem Modul wird mit der klassischen Elektrodynamik eine erste Bekanntschaft mit Feldtheorien vermittelt. Die Studierenden lernen die Grundlagen der Lösungen partieller Differenzialgleichungen, spezielle Funktionen und die relativistische Formulierung der Theorie inklusive der Konsequenzen des relativistischen Weltbildes in Bezug auf die Raumzeit und Kausalität.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.25 CP		Selbststudium: 4.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik		V4 + Ü2.5	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik				
Inhalt:	Elektrostatik, Magnetostatik, elektromagnetische Wellen, Maxwellsche Gleichungen und ihre Anwendung, Poynting-Satz und Maxwell-Tensor, Eichung, Elemente der theoretischen Optik, Hohlleiter, Antennen, Lagrange-Formulierung, spezielle Relativitätstheorie der elektromagnetischen Phänomene. Mathematische Methoden: orthogonale Funktionensysteme, spezielle Funktionen, partielle Differentialgleichungen, Greensfunktionen, Residuensatz.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–2</i>				

Modul:	VTH4	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik (Theoretical Physics 4: Quantum Mechanics)			
Ziele:	In diesem Modul wird die Quantenmechanik als wichtigster Bestandteil der modernen Physik vorgestellt. Neben dem mathematischen Apparat und den erkenntnistheoretischen Konsequenzen stehen die wichtigsten Anwendungen der elementaren Quantenmechanik im Vordergrund.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.25 CP		Selbststudium: 4.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Physik 4: Quantenmechanik		V4 + Ü2.5	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Theoretische Physik 4: Quantenmechanik				
Inhalt:	mathematische Grundlagen, Schrödingergleichung, Matrizenformulierung, Messprozess und Unschärfe, Zeitentwicklung, eindimensionale Probleme, harmonischer Oszillator und Wasserstoffatom, Störungstheorie, Spin				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–3</i>				

Modul:	VTH5	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik (Theoretical Physics 5: Thermodynamics and Statistical Physics)			
Ziele:	Anhand wichtiger Modellsysteme (e.g. klassisches ideales Gas, van-der Waals Zustandsgleichung, Spinsysteme, Bose- und Fermigase) erlernen die Studenten die Anwendung dieser Konzepte auf konkrete Problemstellungen und gewinnen Einblick in ihre Relevanz für moderne Entwicklungen in der Forschung (e.g. ultrakalte Quantengase).				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.25 CP		Selbststudium: 4.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik		V4 + Ü2.5	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik				
Inhalt:	Grunddefinitionen, Carnotprozess und Hauptsätze, thermodynamische Potentiale, Gleichgewichtsbedingungen, Phasenübergänge, Ergodentheorie, Mikro- und Makrozustände, Dichtematrix. Entropie, statistische Gesamtheiten, nichtwechselwirkende Gase, Quantenstatistik und entartete Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation, Boltzmann-gleichung.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–4</i>				

Modul:	VTHS	Theoretische Physik 1/2 für Sommeranfänger: Mathematische Methoden und Klassische Mechanik (Theoretical Physics 1/2 for Summer Freshers: Mathematical Methods and Classical Mechanics)		
Ziele:	<p>Dieses Modul richtet sich an Studierende, die im Sommersemester das Studium aufnehmen. In ihm sind in kompakter Form die Module <i>Theoretischen Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik</i> und <i>Theoretischen Physik 2: Klassische Mechanik</i> zusammengefasst. Um den Studierenden den Einstieg in die mathematische Naturbeschreibung zu erleichtern und die Vorlesung <i>Theoretische Physik 1/2: Mathematische Methoden und Klassische Mechanik</i> von umfangreichen mathematischen Details zu entlasten, wird diese Vorlesung von den <i>Mathematischen Ergänzungen zur Theoretischen Physik 1/2 für Sommeranfänger</i> begleitet. Das Modul legt damit zum einen die mathematischen Grundlagen für alle weiteren Vorlesungen der theoretischen Physik. Die Studierenden lernen die wichtigsten Techniken zur Lösung der physikalischen Grundgleichungen in praktischen Problemen aus der Mechanik. Außerdem werden die physikalischen Grundkonzepte für die Beschreibung der Natur eingeführt, wie Raum und Zeit, Naturgesetze als Differentialgleichungen und typische Abstraktionen der Physik wie Punktteilchen. Anschließend wird die klassische Mechanik auf einem höheren Abstraktionsniveau behandelt. Die Studierenden lernen die Anwendung generalisierter Koordinaten sowie die Formulierung der Bewegungsgleichungen im Phasenraum oder als Variationsprobleme.</p> <p>In den <i>Mathematischen Ergänzungen zur Theoretischen Physik 1/2 für Sommeranfänger</i> wird zum einen die mathematische Begriffsbildung ergänzt und vertieft, zum anderen an vielen expliziten Beispielen die praktischen Bearbeitung einfacher mathematischer Problemstellungen geübt. Dabei wird diese Vorlesung inhaltlich so strukturiert, dass sie die mathematischen Themen der <i>Theoretische Physik 1/2: Mathematische Methoden und Klassische Mechanik</i> aufgreift bzw, soweit möglich, sogar vorbereitet. Die beiden Vorlesungen werden dazu in enger Abstimmung gehalten. In den Übungen wird das Lernen in der Gruppe und die Vermittlung eigenen Wissens erlernt.</p>			
Credit Points:	16	Präsenzstudium: 5.5 CP	Selbststudium: 10.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine			
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung			
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet			
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen			
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik			
Verwendbarkeit:	Bsc Physik			

Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Physik 1/2: Mathematische Methoden und Klassische Mechanik		V6 + Ü3	12	Pf	SoSe
Mathematische Ergänzungen zur Theoretischen Physik 1/2		V2	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Theoretische Physik 1/2: Mathematische Methoden und Klassische Mechanik				
Inhalt:	Newtonsche Bewegungsgleichungen, harmonischer Oszillator, Kreisbewegung, Drehimpuls, konservative Kräfte, Erhaltungssätze, Koordinatentransformationen, Scheinkräfte, Keplerproblem, Lagrangesche und Hamiltonsche Formulierung der Mechanik, Poisson-Klammern, starrer Körper, kräftefreier Kreisel, gekoppelte Oszillatoren, klassische Feldtheorie (schwingende Saite).				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				
Lehrveranstaltung:	Mathematische Ergänzungen zur Theoretischen Physik 1/2				
Inhalt:	Vektorrechnung, Koordinatentransformationen, krummlinige Koordinaten, Matrizenrechnung, komplexe Zahlen, Riemann Integration, lineare Differentialgleichungen, elementare Vektoranalysis und Kurvenintegrale, einfache Eigenwertprobleme				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Das Modul *Einführung in die Programmierung für Physiker* ist keine Pflichtveranstaltung des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*.

Modul: PPROG	Einführung in die Programmierung für Physiker (Introduction to Coding for Physicists)				
Ziele:	Studierende erlenen in der Vorlesung Programmieren und den Umgang mit Computern anhand einer Objekt-orientierten Programmiersprache, zusammen mit ersten Anwendungen. Das zugehörige Praktikum vermittelt praktische Fähigkeiten bei der Programmierung.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme am Praktikum sowie je nach Anzahl der Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine 30-minütige mündliche Prüfung oder eine 90-minütige Klausur				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, andere Studiengänge				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Programmierung für Physiker		V2+P2	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Programmierung für Physiker				
Inhalt:	Einführung in Unix und eine Objekt-orientierte Programmiersprache, wie Fortan 90, C++ oder Java, mit Anwendungen aus der elementaren Numerik, wie Rundung, Inter- und Extrapolation, Differentiation, Integration oder Eliminierung, oder physikalische Problemstellungen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Lehrveranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1–2</i>				

1.3 Mathematik

Modul: VMATH1	Mathematik für Studierende der Physik 1 (Mathematics for Physicists 1)				
Ziele:	Das Modul vermittelt erste mathematische Grundkenntnisse für Physiker und Physikerinnen. Die Studierenden erlernen die Grundkonzepte der Mathematik. Als Kernkompetenzen werden abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung vermittelt. In den Übungen werden die “Soft Skills” Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Mathematik für Studierende der Physik 1		V4 + Ü2	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Mathematik für Studierende der Physik 1				
Inhalt:	Grundstrukturen: Reelle und komplexe Zahlen, Lineare Algebra I (Vektorräume, lineare Abbildungen, Matrizen, lineare Gleichungssysteme), Konvergenz und Stetigkeit, Differenzierbarkeit, Taylorreihe, Integral für (vektorwertige) Regelfunktionen, Weierstraßscher Approximationssatz und Fourier-Entwicklung. Fourierintegral.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul: VMATH2	Mathematik für Studierende der Physik 2 (Mathematics for Physicists 2)				
Ziele:	Das Modul vertieft und erweitert mathematische Grundkenntnisse. Die Kernkompetenzen abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung werden weiter trainiert. In den Übungen werden die “Soft Skills” Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP	Selbststudium: 5.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Mathematik für Studierende der Physik 2		V4 + Ü2	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Mathematik für Studierende der Physik 2				
Inhalt:	Lineare Algebra II (Determinanten, Eigenwerte, klassische Matrixgruppen, Exponentialabbildung für Matrizen), gewöhnliche Differentialgleichungen I, Grundlagen der mehrdimensionalen Differentialrechnung, Funktionentheorie vom Cauchy’schen Integralsatz zum Residuensatz				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltung <i>Mathematik für Studierende der Physik 1</i>				

Modul: VMATH3	Mathematik für Studierende der Physik 3 (Mathematics for Physicists 3)				
Ziele:	Das Modul vertieft und erweitert mathematische Grundkenntnisse. Die Kernkompetenzen abstraktes Denken, logisches Schließen und Beweisführung werden weiter trainiert. In den Übungen werden die “Soft Skills” Diskussion in der Kleingruppe sowie der Kurzvortrag geübt.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik, Bsc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Mathematik für Studierende der Physik 3		V4 + Ü2	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Mathematik für Studierende der Physik 3				
Inhalt:	Satz über implizit definierte Funktionen und Anwendungen, Differenzierbare Untermannigfaltigkeiten des euklidischen Raums, Vektoranalysis, Integration von Funktionen mehrerer Variabler und der Transformationssatz, Integralsätze, gewöhnliche Differentialgleichungen II (dynamische Systeme)				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1–2</i>				

1.4 Bachelorarbeit

Modul:	SBSC	Bachelorseminar (Bachelor Seminar)			
Ziele:	Das Modul zielt auf die eigenständige Erarbeitung und Präsentation eines Themas aus dem Bereich der experimentellen oder theoretischen Physik. Geübt wird die selbstständige Problemlösung und Informationsbeschaffung. Erlern werden soll die Ausarbeitung einer mindestens halbstündigen Präsentation und das freie Vortragen eines komplexen fachlichen Themas vor einem sachkundigen Publikum (“Soft Skills”).				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Module VEX1a, VEX1b, VEX2, VEX3, VTH1, VTH2, VTH3, VMATH1, VMATH2				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme am Seminar sowie Seminarvortrag, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Bsc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Bachelorseminar		S2	3	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Bachelorseminar				
Inhalt:	Wechselnde Themen aus dem Bereich der experimentellen oder theoretischen Physik				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Mathematik für Studierende der Physik 1–2</i>				

Modul:	BAP	Bachelorarbeit (Bachelor Project)			
Ziele:	Das Modul dient einer eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit unter Anleitung. Erlernt wird das Anwenden des gelernten Wissens auf einen neuen Zusammenhang hoher Komplexität. In der Projektplanung wird die Strukturierung eines Problems geübt. In der Bachelorarbeit wird das Lösen eines vorgegebenen neuen Problems und das Verfassen eines wissenschaftlichen Textes geübt. Im Fall von Studierenden mit dem Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i> ist das Thema der Arbeit entsprechend §39 Abs. 2 der Studienordnung zu wählen.				
Credit Points:	15	Präsenzstudium: 0.0 CP		Selbststudium: 15.0 CP	
Angebotsturnus:	permanent	Dauer: 3 Monate		Beginn: jederzeit	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Zulassungsvoraussetzungen gemäß §41 Abs.2.				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: schriftliche Darstellung des Bachelorprojekts und seiner Ergebnisse in Form einer Bachelorarbeit, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	erfolgreiche Dokumentation der im Praktikum Vorbereitung erfolgten Einarbeitung in das Fachgebiet des Projekts im Gespräch mit dem Betreuer bzw der Betreuerin				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Vorbereitung Bachelorarbeit (Preparation for Bachelor Project)		P2	3	Pf	WS+SoSe
Bachelorarbeit (Bachelor Project)		3 Mon.	12	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Vorbereitung Bachelorarbeit (Preparation for Bachelor Project)				
Inhalt:	Schon vor Ausgabe des Themas der Bachelorarbeit sollen die Studierenden sich mit den Methoden (Messmethoden, Computerwerkzeugen, etc) der Arbeitsgruppe vertraut machen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1a,1b,2</i> , <i>Theoretische Physik 1–2</i> , weitere Pflicht- sowie Wahlpflichtveranstaltungen je nach Fachgebiet der geplanten Bachelorarbeit				
Lehrveranstaltung:	Bachelorarbeit (Bachelor Project)				
Inhalt:	Eigenständige wissenschaftliche Arbeit zu einem mit dem Betreuer bzw der Betreuerin vereinbarten Thema, unter Anleitung durch den Betreuer bzw die Betreuerin				

Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1a,1b,2</i> , <i>Theoretische Physik 1-2</i> , weitere Pflicht- sowie Wahlpflichtveranstaltungen je nach Thema der Bachelorarbeit
---------------------------------	--

2 Zusätzliche Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*

Modul: VHABAU	Halbleiter- und Bauelementephysik (Physics of Semiconductors and Electronic Devices)				
Ziele:	Das Ziel der Vorlesung ist die wichtigsten Grundlagen der Halbleiterbauelemente und ihrer Anwendungen zu vermitteln. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, basierend auf Quantisierungseffekten die Hochfrequenzeigenschaften moderner Halbleiterbauelemente und ihrer Modellierung zu verstehen und an einfachen Schaltungen zu studieren. In kleineren Projekten sollen die Studenten einige Eigenschaften und physikalische Grundlagen aus der Vorlesung vertiefen. Hierbei werden Teamarbeit und Literaturstudium erlernt bzw. vertieft. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf der Anwendung von nanostrukturierten Halbleiterbauelementen mit quantisierten Zuständen in modernen Schaltungen für Hochfrequenzanwendungen. Interessierte Studenten sollen in die Lage versetzt werden einige dieser Aspekte zu Bachelor- und Master-Arbeiten auszuarbeiten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung;im Fall von Studierenden mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	im Fall von Studierenden mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i> sowie ansonsten auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Halbleiter- und Bauelementephysik		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Halbleiter- und Bauelementephysik				

Inhalt:	Einführung der festkörperphysikalischen Besonderheiten von Halbleitern (Materialeigenschaften, Bandstruktur, Exzitonen, Dotierung, DC-Leitfähigkeit); Übergänge und Kontakte (p-n-Übergang, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Heterostruktur-Übergang); Feldeffekt, Tunneleffekt; Halbleiterbauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor, Leuchtdiode, etc.); Hochfrequenzeigenschaften und -bauelemente (Gunn-Effekt, Schottkydiode), Quantisierungseffekte und ihre Nutzung (Resonante Tunneldiode, HEMT-Transistor, HBT-Transistor, etc.); Bauelementemodellierung und Schaltungsentwurf; Bauelemente auf nicht Standardhalbleitern (Graphen, Kohlenstoffröhren).
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , <i>Anfängerpraktikum 1–2</i>

Modul:	B-DS	Datenstrukturen (Data Structures)			
Ziele:	Wissen und Verstehen: Die Studierenden sollen grundlegende Datenstrukturen mit deren Eigenschaften und Leistungsparametern kennen und diese Parameter in asymptotischer Notation verstehen und vergleichen können. Können: Die Studierenden lernen, Datenstrukturen für neue Problemstellungen eigenständig zu entwerfen und deren Leistungsparameter zu analysieren (instrumentale Kompetenz). Dadurch sollen sie im Beruf z.B. in der Lage sein, bestehende Software durch geeignetere Datenstrukturen zu beschleunigen (systemische Kompetenz). Kommunikative Kompetenzen werden durch Arbeiten in Gruppen Übungen und die dortige Vorstellung und Diskussion von Übungsaufgaben erworben.				
Credit Points:	5	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: 100-minütige Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Informatik				
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, BSc Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Datenstrukturen		V2 + Ü1	5	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Datenstrukturen				
Inhalt:	Die Vorlesung behandelt die Laufzeitanalyse, fundamentale Datenstrukturen und allgemeine Methoden für den Entwurf und die Analyse von Datenstrukturen. Die Analyse von Datenstrukturen im Hinblick auf Laufzeit und Speicherplatzbedarf wird motiviert. Die asymptotische Notation wird eingeführt, und Methoden zur Lösung von Rekursionsgleichungen werden besprochen. Elementare Datenstrukturen wie Listen, Keller und Warteschlangen werden beschrieben und analysiert. Weiter werden die Darstellung von Bäumen und allgemeinen Graphen im Rechner und Algorithmen zur systematischen Durchmusterung von Graphen diskutiert. Der Begriff des abstrakten Datentyps wird eingeführt und motiviert, und effiziente Realisierungen der Datentypen des Wörterbuchs und der Prioritätswarteschlange unter Benutzung von Bäumen (beispielsweise AVL-, Splay-Bäume und B-Bäume) und Hashing (auch verteiltes Hashing und Bloom-Filter) werden besprochen. Außerdem werden effiziente Datenstrukturen für das Union-Find-Problem behandelt.				

Erforderliche Vorkenntnisse:	keine
---------------------------------	-------

Modul:	B-HW1	Hardwarearchitekturen und Rechensysteme (Hardware Architecture and Computing Systems)			
Ziele:	Die Studierenden sind in der Lage, Wissen aus dem Gebiet der Modellierung des Verhaltens und der Struktur digitaler Systeme auf Aufgabenstellungen im späteren Beruf anzuwenden. Das Verständnis der wichtigsten strukturellen und operationellen Eigenschaften eines Prozessors bis hin zur Schnittstelle mit der Software wird vermittelt, so dass die Fähigkeit zur Spezifikation, Optimierung und Realisierung digitaler Systeme auf verschiedenen Abstraktionsebenen, einschließlich der Register-Transfer-Ebene erreicht wird (instrumentale Kompetenz). Darüber hinaus werden die Studierenden in die Lage versetzt, wissenschaftliche Bewertungen von Hardwaresystemen selbständig zu erarbeiten und sich auch bei fortschreitender technologischer Entwicklung immer auf dem aktuellsten Stand zu halten (systemische Kompetenz). Kommunikative Kompetenzen werden durch Arbeiten in Gruppenübungen und die dortige Vorstellung und Diskussion von Übungsaufgaben erworben.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 2.5 CP		Selbststudium: 5.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: 120-minütige Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Informatik				
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, BSc Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Hardwarearchitekturen und Rechensysteme		V3 + Ü2	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Hardwarearchitekturen und Rechensysteme				

Inhalt:	<p>Die Vorlesung bietet eine Einführung in den Aufbau und Entwurf digitaler Systeme. In der Vorlesung werden grundlegende Charakterisierungen von Hardwaresystemen wie analog/digital, sequentiell/kombinatorisch und synchron/asynchron behandelt und anhand von Beispielen ein erster Einblick in typische Entwurfsstrategien wie top-down oder bottom-up gewährt. Zunächst wird in die Grundlagen der Booleschen Algebra eingeführt. Die Vorlesung vertieft den Umgang mit den Booleschen Gesetzen und wendet sie zur Optimierung von Schaltkreisen an. Der systematische Entwurf digitaler Schaltnetze (kombinatorische Schaltungen) befasst sich mit der Bedeutung verschiedener Darstellungsarten Boolescher Funktionen, den Optimierungsstrategien einschließlich der zeitlichen Modellierung sowie des Entwurfs und der Analyse exemplarischer Schaltnetze in den Datenpfaden von Prozessoren. Die Behandlung des Entwurfs sequentieller Systeme erstreckt sich über grundlegende Begriffe der Automatentheorie, die Vorgehensweise beim Entwurf sequentieller Schaltungen, die Optimierung über Zustandsreduktion, Zustandscodierung und Schaltnetzoptimierung. Die Grundlage des Schaltnetz- und Schaltwerksentwurfs münden in die Prozessormodellierung und den Prozessorentwurf auf Registertransferebene. Es werden erste Einblicke in die Abarbeitung von Assemblerbefehlen in Prozessoren vermittelt. Den Abschluss bildet eine Einführung in eine Hardwarebeschreibungssprache und Einführung in den automatisierten Entwurf digitaler Systeme.</p>
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine

Modul:	B-PRG1	Programmierung 1 (Programming 1)		
Ziele:	<p><i>Grundlagen der Programmierung 1:</i> Es sollen die grundlegenden Sprachparadigmen und -konzepte für Algorithmen, Programme und Daten verstanden und gelernt werden. Der Unterschied zwischen Syntax und Semantik einer Programmiersprache sollte verstanden werden. Die Studierenden sollen die Fähigkeit erwerben, die Struktur, das Design, den Einsatzbereich verschiedener Programmiersprachen zu erkennen und einschätzen zu können, und sollen in die Lage versetzt werden, verschiedene, auch zukünftige Programmiersprachen selbständig zu erlernen, auf ihre Eignung für bestimmte Einsatzgebiete beurteilen sowie Software-Entwürfe auf Programmierkonzepte abbilden zu können. Die Studierenden sollen den Lebenszyklus von Software und elementare Prozesse und Methoden der Software-Entwicklung kennen lernen. Weiterhin sollen die typischen Konzepte und Eigenschaften von Betriebssystemen kennen gelernt werden. Die Studierenden sollen dabei auch für das Problemfeld der IT-Sicherheit sensibilisiert werden. Die Studierenden sollen über Grundkenntnisse von Netzwerken und verteilten Systemen verfügen und typische Sicherheitsmechanismen in Betriebssystemen und Netzwerken kennen gelernt haben.</p> <p><i>Einführung in die Programmierung:</i> Die Studierenden sollen die Fähigkeit erwerben, die Struktur, das Design, den Einsatzbereich einer Programmiersprache zu erkennen und einschätzen zu können. Ebenso soll die Modellierung mittels objektorientierte Konzepte wie Klassen, Objekte, Kommunikation, Vererbung, Architekturen von OO-Programmen adäquat eingesetzt werden können. Die Studierenden sollen den Lebenszyklus von Software und elementare Prozesse und Methoden der Software-Entwicklung kennen lernen. Weiterhin sollen die typischen Konzepte und Eigenschaften von Betriebssystemen und Netzsoftware kennen gelernt werden, um bei Problemen konstruktiv eingreifen zu können.</p>			
Credit Points:	11	Präsenzstudium: 3.5 CP	Selbststudium: 7.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine			
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung, erfolgreiche Bearbeitung der Programmieraufgaben zur Lehrveranstaltung <i>Einführung in die Programmierung</i>			
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: 120-minütige Klausur zur Lehrveranstaltung <i>Grundlagen der Programmierung 1</i> , benotet			
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine			
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Informatik			
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, BSc Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie			

Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Grundlagen der Programmierung 1 (PRG 1) (Foundations of Programming 1)		V2 + Ü2	6	Pf	WS
Einführung in die Programmierung (EPR) (Introduction to Programming)		V1 + Ü2	5	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Grundlagen der Programmierung 1 (PRG 1) (Foundations of Programming 1)				
Inhalt:	<p>Elementare Einführung in Informatik: Grundlegende Elemente und Konzepte imperativer und objektorientierter Programmiersprachen: Datenstrukturen, Kontrollstrukturen, Datentypen; vom Problem zum Algorithmus, Algorithmenentwurf. Einführung in die objektorientierte Programmierung: Klassen, Objekte, Kommunikation, Vererbung, Architekturen von OO-Programmen. Elemente des Softwareengineerings: Entwicklungszyklen, Modularisierung, Anforderungen, Spezifikation, Korrektheit, Testen, Dokumentation. Grundlagen von Betriebssystemen: Aufgaben und Struktur, Prozesse, Nebenläufigkeit, Synchronisation und Kommunikation, Dateien und Dateisysteme, Sicherheit und Schutzmechanismen, Systemaufrufe. Rechnernetze und Verteilte Systeme: Dienste und Protokolle, Kommunikationssysteme, Internet, Netzarchitekturen und Netzsicherheit.</p>				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Programmierung (EPR) (Introduction to Programming)				
Inhalt:	<p>Diese Veranstaltung ist eine Praxis-orientierte Ergänzung der PRG 1 und wird parallel zu PRG 1 durchgeführt. Primär soll in dieser Veranstaltung das "Programmieren im Kleinen" geübt werden: Die in PRG 1 vorgestellten Themen und Konzepte werden in EPR anhand einer Programmiersprache eingeübt: Datenstrukturen, Kontrollstrukturen, Datentypen; vom Problem zum Algorithmus, Algorithmenentwurf. Elemente des Softwareengineerings: Entwicklungszyklen, Modularisierung, Anforderungen, Spezifikation, Korrektheit, Testen, Dokumentation. Zu Betriebssystemen und Verteilten Systeme werden die Dienste aus Sicht einer Programmiersprache behandelt und eingeübt. Prozesse, Nebenläufigkeit, Synchronisation und Kommunikation, Dateien und Dateisysteme, Dienste und Protokolle eines Internet-Netzwerkes. Der Inhalt wird teilweise durch elektronische Selbstlernmodule vermittelt.</p>				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul:	B-PRG2	Programmierung 2 (Programming 2)			
Ziele:	Zur Erarbeitung instrumentaler und systemischer Kompetenzen sollen die Studierenden 1. die verschiedenen Programmiersprachparadigmen und Konzepte zu Syntax und Semantik kennen: Sie sollen Wissen über funktionale Sprachen erwerben und auf einfache Probleme anwenden können, 2. die grundlegenden Konzepte des Übersetzens und des Compilerentwurfs kennen, 3. die Modellierung, Verwaltung und Nutzung größerer Datenbestände kennen und für kleinere Datenbanken implementieren können. Lösungen zu Übungsaufgaben werden in Kleingruppen präsentiert bzw. im Dialog erarbeitet (kommunikative Kompetenz).				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 2.5 CP		Selbststudium: 5.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: 120-minütige Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Informatik				
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, BSc Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Grundlagen der Programmierung 2		V3 + Ü2	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Grundlagen der Programmierung 2				
Inhalt:	Übersicht über Sprachparadigmen: Funktionale Programmierung, Rekursion und Iteration, Typisierung, Operationale Semantik für funktionale Programmiersprachen, parallele Programmierkonzepte. Einführung in den Compilerbau insbesondere die Phasen eines Compilers: Lexikalische Analyse, Parsemethoden für die Syntaktische Analyse, Semantische Analyse, Zwischencodeerzeugung, Codeoptimierung und Codeerzeugung. Einführung in Datenbanksysteme: Relationenmodell, Zusammenspiel von Programmiersprachen und Datenbanken, Abfragesprachen (SQL), Design und Entwicklung von kleinen Datenbankanwendungen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

3 Pflichtmodule des Masterstudiengangs

3.1 Praktika und Seminare

Modul:	PEXFL	Forschungs- und Laborpraktikum (Research Lab Class)			
Ziele:	Das Modul soll an Beispielen eine Einführung in die Arbeitsweisen der modernen Experimentalphysik geben. In Zweiergruppen üben die Studierenden Experimente im Labor nach Anleitung durchzuführen und zu protokollieren. Es wird das Erstellen von kurzen schriftlichen Berichten (“Protokollen”) geübt.				
Credit Points:	12	Präsenzstudium: 4.0 CP		Selbststudium: 8.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: zweisemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	Abgabe von Praktikumsprotokollen und/oder Seminarvortrag, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Forschungs- und Laborpraktikum		2 × P4	12	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Forschungs- und Laborpraktikum				
Inhalt:	Praktikumsversuche aus allen experimentellen Instituten des Fachbereiches, sowie Versuche an Forschungsgeräten der einzelnen Arbeitsgruppen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul:	SPRO	Proseminar			
Ziele:	Im Proseminar sollen die Studierenden üben, sich physikalische Sachverhalte, die nicht in Ihrem engeren Spezialisierungsgebiet liegen, zu erschließen und anderen zu erklären. Das Proseminar kann zum Beispiel als "Journal Club" gestaltet werden, in dem Studierende ausgewählte Artikel aus aktuellen physikalischen Zeitschriften vorstellen und die Hintergründe erläutern. Eine andere Möglichkeit ist ein Seminar, in dem ein physikalisches Gebiet gemeinsam erarbeitet wird, indem verschiedene Themen zu Teilaspekten von den Studierenden vorgetragen werden. Arbeitsgruppenseminare sind nicht als Proseminare zulässig.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme am Seminar sowie Seminarvortrag über ein Thema aus der aktuellen Literatur, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Proseminar		S2	3	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Proseminar				
Inhalt:	In jedem Semester können verschiedene Veranstaltungen als Proseminar angeboten werden, die beliebigen Themen der Physik gewidmet sind. Der Prüfungsausschuss prüft die Eignung der angebotenen Themen und die Gestaltung der Seminare und entscheidet über ihre Zulassung als Proseminar. Die Studierenden können eines dieser Angebote auswählen. Ein zweites Proseminar kann im Masterstudiengang als unbenotete Wahlpflichtveranstaltung eingebracht werden.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul:	SAG	Arbeitsgruppenseminar (Research Group Seminar)			
Ziele:	Das Modul gibt einen vertieften Einblick in dasjenige Forschungsgebiet, auf dem die Masterarbeit angefertigt wird. Die Studierenden lernen, ihre wissenschaftlichen Ergebnisse und Projekte in einem Vortrag vorzustellen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jedes Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme am Seminar sowie Seminarvortrag über die eigenen Forschungsergebnisse im Rahmen der Masterarbeit, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Arbeitsgruppenseminar		S2	3	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Arbeitsgruppenseminar				
Inhalt:	Themen aus einem aktuellen Gebiet der Forschung				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

3.2 Fachliche Spezialisierung und Masterarbeit

Modul:	FS	Fachliche Spezialisierung (Preparation for Master Project II)			
Ziele:	Das Modul vermittelt die fachlichen und methodischen Grundlagen für die eigenständige Bearbeitung eines Forschungsprojektes und führt damit auf die Masterarbeit hin. Diese Hinführung erfolgt durch die selbstständige Erarbeitung von Hintergrundwissen sowie die selbstständige Einarbeitung in das Spezialgebiet, auf dem die Masterarbeit geplant ist, angeleitet durch den vorgesehenen Betreuer der Masterarbeit. Durch die Einbindung in eine Arbeitsgruppe wird gleichzeitig die Arbeit in einem Forschungsteam und das optimale Nutzen informellen Wissens im Nahfeld gelernt. Die Betreuung erfolgt dabei in Form von Betreuungsgesprächen im wöchentlichen Rhythmus.				
Credit Points:	15	Präsenzstudium: 0.0 CP		Selbststudium: 15.0 CP	
Angebotsturnus:	permanent	Dauer: einsemestrig		Beginn: jederzeit	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	Vortrag über das für die Masterarbeit ausgewählte Spezialgebiet, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik, MSc Biophysik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Fachliche Spezialisierung		3 Mon.	15	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Fachliche Spezialisierung				
Inhalt:	Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und die fachlichen und methodischen Grundlagen an einem Beispiel aus einem Forschungsgebiet. Eigenständige Literaturrecherche zum Stand der Forschung.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der im jeweiligen Spezialgebiet angebotenen, fortgeschrittenen Lehrveranstaltungen				

Modul:	EP	Erarbeiten eines Projekts (Preparation for Master Project I)			
Ziele:	Nach der allgemeinen Beschäftigung mit dem Forschungsgebiet, in dem die Masterarbeit angefertigt werden soll, im Rahmen des Moduls FS, führt dieses Modul unmittelbar auf die Masterarbeit hin. Studierende erarbeiten selbstständig ein wissenschaftlichen Projekt, das als Ausgangspunkt für die geplante Masterarbeit dienen kann (angeleitet durch den Betreuer der Masterarbeit). Das Modul mündet in der schriftlichen Darlegung der wissenschaftlichen Grundlagen des Themas der Masterarbeit und der Formulierung der gewählten Fragestellung und der Methoden, mittels derer die Bearbeitung angegangen werden soll. Die Betreuung erfolgt dabei in Form von Betreuungsgesprächen im wöchentlichen Rhythmus.				
Credit Points:	15	Präsenzstudium: 0.0 CP		Selbststudium: 15.0 CP	
Angebotsturnus:	permanent	Dauer: einsemestrig		Beginn: jederzeit	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	schriftliche Ausarbeitung einer Projektskizze, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik, MSc Biophysik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Erarbeiten eines Projektes		3 Mon.	15	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Erarbeiten eines Projektes				
Inhalt:	Schriftliche Ausarbeitung einer Projektskizze auf einem aktuellen Gebiet der Forschung.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der im jeweiligen Spezialgebiet angebotenen, fortgeschrittenen Lehrveranstaltungen				

Modul:	MA	Masterarbeit (Master Project)			
Ziele:	Die Masterarbeit dient der wissenschaftlichen Ausbildung. In ihr soll die oder der Studierende zeigen, dass sie oder er in der Lage ist, eine definierte wissenschaftliche Aufgabenstellung aus einem Fachgebiet selbstständig nach wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten. In der für das Masterprojekt gewählten Fachrichtung muss jede bzw. jeder Studierende unter Anleitung einer wissenschaftlichen Betreuerin oder eines wissenschaftlichen Betreuers eine aktuelle wissenschaftliche Fragestellung bearbeiten. Im Fall von Studierenden mit dem Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i> ist das Thema der Arbeit entsprechend §48 Abs. 2 der Studienordnung zu wählen.				
Credit Points:	30	Präsenzstudium: 0.0 CP		Selbststudium: 30.0 CP	
Angebotsturnus:	permanent	Dauer: 6 Monate		Beginn: jederzeit	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Zulassungsvoraussetzungen gemäß §50 Abs.2.				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: ausführliche, schriftliche Darstellung des Masterprojekts und seiner Ergebnisse in Form einer Masterarbeit, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik, MSc Biophysik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Masterarbeit		6 Mon.	30	Pf	WS+SoSe
Lehrveranstaltung:	Masterarbeit				
Inhalt:	Eigenständige wissenschaftliche Arbeit zu einem mit dem Betreuer bzw der Betreuerin vereinbarten aktuellen Problem der Forschung, unter Anleitung durch den Betreuer bzw die Betreuerin				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

4 Wahlpflichtmodule des Bachelor- und Masterstudiengangs

I) Jährlich angebotene Module

(mit Ausnahme des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*)

4.1 Fachgebietsübergreifende Veranstaltungen

Modul:	VHQM	Höhere Quantenmechanik (Advanced Quantum Mechanics)			
Ziele:	Dieses Modul behandelt ausgewählte höhere Methoden der Quantenmechanik, wie sie für die moderne Physik grundlegend sind, insbesondere relativistische Quantenmechanik, Vielteilchentheorie, Symmetrien in der Quantenmechanik und Streutheorie. Damit werden die Studierenden befähigt, in ihren Abschlussarbeiten theoretische Probleme auf modernem Niveau anzugehen. Auf diese Weise werden insbesondere auch die Grundlagen für die Erweiterung der Quantenmechanik zur Quantenfeldtheorie gelegt.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.5 CP		Selbststudium: 4.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Höhere Quantenmechanik		V4 + Ü2	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Höhere Quantenmechanik				
Inhalt:	Grundlagen der relativistischen Quantenmechanik, Klein-Gordon-Gleichung, Dirac-Gleichung, Symmetrien in der Quantenmechanik, Vielteilchentheorien im Fock-Raum, Näherungsmethoden für wechselwirkende Quantenvielteilchensysteme, elementare Streutheorie.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2, Theoretische Physik 1–5</i>				

Modul:	VNUMP	Numerische Methoden der Physik (Numerical Methods in Physics)			
Ziele:	Das Modul vermittelt auf einer praktischen Ebene die wichtigsten numerischen Verfahren, die in physikalischen Rechnungen eingesetzt werden. Die Studierenden erlangen die Kompetenz, selbst Methoden zu implementieren und aus Programmbibliotheken kritisch die für ein Problem geeigneten Verfahren auszuwählen.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfungim Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Numerische Methoden der Physik		V3 + Ü2	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Numerische Methoden der Physik				
Inhalt:	Darstellung von Zahlen, Rundungsfehler; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Anfangswertprobleme; Einheitenbehaftete/dimensionslose Größen; Nullstellensuche, lösen nicht-linearer Gleichungen; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Randwertprobleme; Lösen linearer Gleichungssysteme; Numerische Integration; Eigenwertprobleme; Verwendung numerischer Bibliotheken; Interpolation, Extrapolation, Approximation; Funktionsminimierung, Optimierung; Monte Carlo-Simulation statistischer Zustandssummen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Mathematische Kenntnisse etwa aus den Modulen VTH1-VTH4; Programmierkenntnisse in einer numerischen Sprache, etwa Fortran, Java, C, C++				

Modul: VPFEI1	Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I (Patent Law – Research – Development – Innovation I)				
Ziele:	Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen. In ihm werden grundlegende Kenntnisse über das Patentwesen erworben und die Kompetenz vermittelt, wissenschaftliche Forschung und Entwicklung in ein Unternehmensumfeld einzuordnen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I				
Inhalt:	Handhabung geistigen Eigentums am Beispiel der gewerblichen Schutzrechte, insbesondere des Patents. Erhalten, Verteidigen und Durchsetzen von Patenten. Staatliche Innovationspolitik, unternehmerische Forschung und Entwicklung, Technologiemanagement.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul: VPFEI2	Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II (Patent Law – Research – Development – Innovation II)				
Ziele:	Dieses Modul dient dem Erwerb von Schlüsselqualifikationen. In ihm werden Leitsätze wegweisender Entscheidungen zu Patentierbarkeit und des betrieblichen Innovationsmanagements vermittelt. Die Studierenden erwerben die Kompetenz, zu entscheiden welche Forschungsergebnisse patentierbar sind und wie man Patentschutz erlangt und durchsetzt. Außerdem erhalten sie einen Überblick darüber, wie der Übergang von der universitären Forschung zur kommerziellen Anwendung gestaltet werden kann.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II				
Inhalt:	Bewertung der Patentierbarkeit einer Entwicklung und des Schutzbereichs eines Patents. Innovationsmanagement, Hochtechnologie-Unternehmensgründungen, Kooperation Hochschule – Wirtschaft.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Lehrveranstaltung <i>Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I</i>				

Modul:	VWIP	Wahrscheinlichkeit und Information in der Physik (Probability and Information in Physics)			
Ziele:	Das Modul führt in die Konzepte und Methoden der klassischen und quantenmechanischen Wahrscheinlichkeits- und Informationstheorie ein. Es beleuchtet die Bedeutung von Wahrscheinlichkeit und Information für das moderne Verständnis der Quantentheorie und der statistischen Mechanik. Das Modul eröffnet den Teilnehmern zudem den Zugang zu aktuellen Fragestellungen auf den Gebieten der Quanteninformationsverarbeitung, der Thermodynamik kleiner Systeme und der statistischen Rekonstruktion von Zuständen und Hamiltonians. Die Lehrveranstaltung ist interaktiv und ermutigt die Teilnehmer zu aktiver Diskussion. Damit wird über die reine Wissensvermittlung hinaus die Fähigkeit der Studierenden zur kritischen Auseinandersetzung mit grundlegenden physikalischen Fragestellungen gestärkt. Das Modul eignet sich zudem als Hinführung zu Bachelor- oder Masterarbeiten auf den genannten Forschungsgebieten.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Wahrscheinlichkeit und Information in der Physik		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Wahrscheinlichkeit und Information in der Physik				
Inhalt:	Logik, klassische Wahrscheinlichkeitstheorie, Wahrscheinlichkeiten in der Quantentheorie, Kochen-Specker-Theorem, empirische Rekonstruktion von Quantenzuständen, Geometrie des Zustandsraums, Entropie und Information, Gibbs-Modelle, Grundlegung der statistischen Mechanik, thermodynamische Relationen, Optimierung der Beschreibungsebene, Schätzung von Hamiltonians				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Wellenfunktion, Hilbertraum, Schrödingergleichung, quantenmechanische Messung, Pauli-Matrizen, Dichtematrix, Entropie, kanonische und großkanonische Ensembles				

Modul:	VQIQC	Quanteninformation und Quantencomputer (Quantum information and quantum computation)			
Ziele:	Das Modul führt in das moderne Forschungsgebiet der Quanteninformationsverarbeitung ein. Hierzu werden zunächst die notwendigen Werkzeuge der Quantentheorie bereitgestellt und neuartige Möglichkeiten der Informationsverarbeitung anhand einfacher Schaltkreise diskutiert. Sodann lernen die Teilnehmer wichtige Protokolle zur Fehlerkorrektur, zur sicheren Verteilung kryptografischer Schlüssel, zur effizienten Faktorisierung sowie zur effizienten Datenbanksuche kennen. Außerdem werden die Möglichkeiten der Realisierung in realen physikalischen Systemen beleuchtet. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sollen den Teilnehmern den Zugang zu aktuellen Fragestellungen der Quanteninformationstheorie ermöglichen und die Basis legen für Bachelor- oder Masterarbeiten auf diesem Gebiet. Die Lehrveranstaltung ist interaktiv und ermutigt die Teilnehmer zu aktiver Diskussion. Damit wird über die reine Wissensvermittlung hinaus die Fähigkeit der Studierenden zur kritischen Auseinandersetzung mit physikalischen Fragestellungen gestärkt.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Quanteninformation und Quantencomputer		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Quanteninformation und Quantencomputer				
Inhalt:	Qubits, Quantengatter, Schaltkreise, no-cloning-Theorem, Bell-Zustände, Verschränkung, Quanten-Teleportation, dense coding, Deutsch-Algorithmus, Fehlerkorrektur, Shor-Code, Quantenkryptografie, BB84-Protokoll, Quanten-Fouriertransformation, Faktorisierung (Shor-Algorithmus), Grover-Iteration, Datenbanksuche, experimentelle Realisierung, DiVincenzo-Kriterien, nichtlineare Optik, optische Kavitäten, Ionenfallen, Kernspinresonanz, Einweg-Quantencomputer				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Wellen-funktion, Hilbertraum, Schrödingergleichung, quantenmechanische Messung, Pauli-Matrizen				

Modul:	VBRAIN	Brain Dynamics: From Neuron to Cortex			
Ziele:	Dynamical systems theory is central for understanding brain processes. This course gives an introduction to modeling brain activity with dynamical systems, ranging from the firing and bursting of single neurons up to collective neural dynamics occurring during cognitive processes. This course should enable the student to apply concepts of dynamical systems theory to model the discussed fundamental mechanisms and functionalities of activities in the brain.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Brain Dynamics: From Neuron to Cortex		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Brain Dynamics: From Neuron to Cortex				
Inhalt:	Brain dynamics is described at the level of single neurons, microcircuits, and global cortical dynamics. Beginning from the discussion of harmonic oscillators, we introduce the basic knowledge needed to describe spiking dynamics of neurons. This is then used to classify neurons according to different spiking behaviors. We then describe universal architectural aspects of microcircuits that connect the single neurons into functional substructures. Finally, we describe generation, stability, and possible functionality of cortical oscillations. The latter are observed in the context of cognitive processing.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Die Teilnehmer sollten ein grundsätzliches Verständnis für Differentialgleichungen haben auf dem Niveau, das etwa in den grundlegenden Vorlesungen der Theoretischen Physik (insb. Mechanik) vermittelt wird.				

Modul: VEHLF	Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie (Extended Hamilton-Lagrange Formalism in Point Mechanics and Field Theory)		
Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> • Kennenlernen der explizit kovarianten Erweiterung des Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie; Behandlung der Zeit als dynamische Variable anstelle der Newtonschen absoluten Zeit; Punktmechanik: Aufbau einer kanonischen Transformationstheorie, welche die Zeit relativistisch korrekt mittransformiert, Feldtheorie: Aufbau einer kovarianten, kanonischen Transformationstheorie in welcher Raum- und Zeitkoordinaten gleichberechtigte dynamische Variable sind; Formulierung von Eichtheorien als kanonische Transformationen; Übergang zur Quantenfeldtheorie • im Gegensatz zur gängigen Herangehensweise an dieses Thema werden keine differentialgeometrischen Methoden verwendet, durchgängige Verwendung mathematischer Methoden der Tensoranalysis, enger Bezug zum „Prinzip der kleinsten Wirkung“ und dem „Prinzip der Eichinvarianz“ • geplant ist ein Fortsetzungsmodul in welchem die kovariante Eichtheorie dahingehend erweitert wird, dass auch die Raumzeit als dynamische Variable behandelt wird. Die Inhalte dieses Moduls stellen einen neuen Ansatz in dieser Thematik dar, der an vielen Stellen die Möglichkeit weiterer Ausarbeitungen in Form von BA, MA und Diss-Arbeiten bietet. • zusätzliche Fähigkeiten und Kompetenzen: Entwicklung physikalisch-analytischer Fähigkeiten, Methoden der mathematische Physik, Verständnis für den Aufbau physikalischer Theorien auf der Grundlage abstrakter Prinzipien (Wirkungsprinzip, Eichprinzip). 		
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine		
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung		
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)		
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen		
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik		
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik		

Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie				
Inhalt:	<p>Rückblick gewöhnlicher Hamilton-Lagrange-Formalismus, Erweiterung, so dass die Zeit von einem Parameter zu einer dynamischen Variablen wird, erweiterte, kanonische Transformation, Beispiele: Lorentz-Transformation, verallgemeinertes Noether Theorem,</p> <p>Anwendung: relativistisches Pfadintegral,</p> <p>Hamilton-Lagrange Formalismus in der Feldtheorie: kanonische Transformationen, Poisson-Klammern, Liouville-Theorem,</p> <p>Anwendung: Noether Theorem in der Feldtheorie, Eichtheorien, Feynman Formalismus,</p> <p>Ausblick: Erweiterte kanonische Transformationen in der Feldtheorie (dynamische Raumzeit)</p>				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen des klassischen Lagrange- und Hamiltonformalismus, Vektoranalysis, Lineare Algebra, Basiswissen Tensoranalysis				

4.2 Astrophysik und Kosmologie

Modul:	VART	Allgemeine Relativitätstheorie (General Theory of Relativity)			
Ziele:	Das Modul soll die Grundlagen für das moderne Verständnis der Rolle der Gravitation in der Natur vermitteln. Dazu werden die notwendigen mathematischen Hilfsmittel bereitgestellt (Tensorrechnung im gekrümmten Riemannschen Raum) und auf verschiedene Beispielprobleme angewandt. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sollen den Teilnehmern den Zugang zu aktuellen Fragestellungen der Astrophysik ermöglichen und dienen auch als Grundlage für die Beschäftigung mit der Kosmologie.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Allgemeine Relativitätstheorie		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Allgemeine Relativitätstheorie				
Inhalt:	Riemannsche Geometrie, Bewegungsgleichung, Ricci- und Einstein-Tensor, Einsteinsche Feldgleichung, experimentelle Tests, Schwarzschild-Lösung, schwarze Löcher, Gravitationswellen, Tolman-Oppenheimer-Volkov-Gleichung und Sternstruktur.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i> , <i>Theoretische Physik 1–2</i>				

Modul: VKOSMO	Kosmologie (Cosmology)				
Ziele:	Ziel des Moduls ist die Vermittlung des aktuellen naturwissenschaftlichen Weltbilds zur Beschreibung von Aufbau und Dynamik des Universums. Auf der Basis der Allgemeinen Relativitätstheorie einerseits und der astronomischen Beobachtungen andererseits werden die Erkenntnisse des kosmologischen Standardmodells vermittelt. Die Teilnehmer des Moduls werden in die Lage versetzt, den aktuellen Forschungsstand der Kosmologie zu verfolgen (z.B. Urknall, dunkle Materie, dunkle Energie).				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Kosmologie		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Kosmologie				
Inhalt:	Beobachtungstatsachen, kosmologisches Prinzip, Rotverschiebung, Hubble-Expansion und Hintergrundstrahlung, Robertson-Walker-Metrik, Friedman-LeMaître-Gleichungen, kosmologische Konstante, Friedman-Lösungen, Big Bang, Nukleosynthese, inflationäres Universum, dunkle Energie und dunkle Materie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2, Theoretische Physik 1–5</i>				

Modul:VNNASTRO	Nuclear and Neutrino Astrophysics				
Ziele:	Das Modul soll das Verständnis des Ursprungs der chemischen Elemente im Universum entwickeln. Dazu wird die Elementsynthese im frühen Universum und in Sternen betrachtet. Ein wesentlicher Punkt der Vorlesung ist, das Wechselspiel von kosmologischen und Gravitationseffekten mit kernphysikalischen Vorgängen qualitativ und quantitativ zu verstehen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Nuclear and Neutrino Astrophysics		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Nuclear and Neutrino Astrophysics				
Inhalt:	Friedmann Universe, Primordial Nucleosynthesis, Stellar Reactions, Fusion Cycles in the Sun and Heavier Stars, Solar Neutrinos, Neutron Stars				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Quantum Mechanics, Basics of Nuclear Physics				

Modul: VCQPBH	Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher (Classical and quantum physics of black holes)				
Ziele:	Der Kurs zielt darauf ab, die Physik von schwarzen Löchern in der Bezeichnung der allgemeinen Relativitätstheorie und der semiklassischen Gravitation zu präsentieren. Der Kurs soll den Teilnehmern die aktuellen offenen Fragen in der Astrophysik, Quantengravitation und Hochenergiephysik näher bringen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarze Löcher		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarze Löcher				
Inhalt:	Kurze Geschichte der Physik von schwarzen Löchern, Einführung in die Allgemeine Relativitätstheorie, kugelsymmetrischen schwarzen Löchern, rotierende schwarze Löcher, physikalische Effekte im Gravitationsfeld der schwarzen Löcher, Elektrodynamik von schwarzen Löchern, Astrophysik von schwarzen Löchern, Quantenteilchen Erstellung von schwarzen Löchern, Thermodynamik der schwarzen Löcher, schwarze Löcher, Wurmlöcher und Zeitmaschinen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 3</i>				

Modul: VCQPBH2	Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher II (Classical and quantum physics of black holes II)				
Ziele:	Der Kurs zielt darauf ab, die Physik von schwarzen Löchern in der Bezeichnung der allgemeinen Relativitätstheorie und der semiklassischen Gravitation zu präsentieren. Der Kurs soll den Teilnehmern die aktuellen offenen Fragen in der Astrophysik, Quantengravitation und Hochenergiephysik näher bringen. Der zweite Teil baut auf dem ersten auf.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarze Löcher II		V2 + Ü1	4	Pf	SS
Lehrveranstaltung:	Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarze Löcher II				
Inhalt:	Physikalische Effekte im Gravitationsfeld der schwarzen Löcher, Elektrodynamik von schwarzen Löchern, Astrophysik von schwarzen Löchern, Unruh-deWitt-Effekt, Quantenteilchen Erstellung von schwarzen Löchern, Thermodynamik der schwarzen Löcher.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der <i>Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher I</i>				

4.3 Kern- und Elementarteilchenphysik

Modul: VTHKP1	Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I (Introduction to Theoretical Nuclear and Elementary Particle Physics I)				
Ziele:	In diesem Modul werden die mathematischen Grundlagen für das Verständnis der Theorien der Kern- und Elementarteilchenphysik vermittelt, um die Studierenden für wissenschaftliche Forschungen auf diesen Gebieten vorzubereiten. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.5 CP	Selbststudium: 3.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I		V3 + Ü2	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I				

Inhalt:	<ul style="list-style-type: none">• Nuclear models: liquid drop model, Fermi-Gas Model, Shell Model, Deform Shell Model• Collective Nuclear Models• Nucleon-Nucleon Interaction• Hartree-Fock Theory• The Klein-Gordon equation• Covariant electrodynamics• The Dirac equation• Quantum chromodynamics• Symmetries of QCD
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–4</i>

Modul: VTHKP2	Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II (Introduction to Theoretical Nuclear and Elementary Particle Physics II)				
Ziele:	Dieses Modul vermittelt erweiterte Kenntnisse der aktuellen Modelle der Hochenergie-Teilchen- und -Kernphysik in Bezug sowohl auf die Feldtheorie wie auch Nichtgleichgewichtsdynamik. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II		V3 + Ü2	6	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II				
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none">• Introduction to Quantum Chromodynamics (QCD): The constituent quark model, basic hadrons in the quark model; Non-abelian gauge field theory – QCD; SU(N) symmetry; Approximate symmetries of QCD – chiral symmetry; Feynman diagrams• Effective Models: Thermodynamic models; String modell; Non-equilibrium models and transport approaches to strongly interacting systems• Heavy Ion Interactions: relativistic heavy-ion collisions at GSI, FAIR, CERN, LHC; Quark-Gluon-Plasma (QGP), Observables for the QGP				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , <i>Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I</i>				

Modul:	VQFT1	Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik (Introduction to Quantum Field Theory and Standard Model of Particle Physics)			
Ziele:	Dieses Modul behandelt die grundlegenden mathematischen Methoden für Systeme mit unendlich vielen Freiheitsgraden. Ihre Formulierung auf klassischem Niveau und dann die Quantisierung legen die Grundlage für eine Berechnung der elementaren Prozesse und damit den Kontakt zu experimentellen Befunden.Das Modul legt die Basis für Forschungsarbeit in der theoretischen Teilchenphysik und damit Master- und Doktorarbeiten.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik		V4 + Ü2	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik				
Inhalt:	Relativistische Wellengleichungen, klassische Feldtheorie im Lagrangeformalismus, Symmetrien und Noethersches Theorem; Einführung Quantenfeldtheorie: kanonische Quantisierung für Skalar-, Spinor- und Vektorfelder, Störungstheorie, Feynman-Diagramme; Abelsche und nichtabelsche Eichfelder, Quantenelektrodynamik und Quantenchromodynamik, Berechnung einfacher Prozesse, die schwache Wechselwirkung, vereinigte Beschreibung der Wechselwirkungen im Standardmodell.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Analytische Mechanik mit Lagrange- und Hamiltonformalismus, Feldtheorie und Wellengleichungen der klassischen Elektrodynamik, kanonische Quantisierung, Schrödingergleichung, quantenmechanische Störungstheorie (i.e. Theoretische Physik 1-4)				

Modul:	VQFT2	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik (Advanced Quantum Field Theory and Quantum Chromodynamics)			
Ziele:	Einführung sehr allgemeiner theoretischer Konzepte (Pfadintegrale, Renormierungstheorie) und ihre Anwendung auf konkrete, beobachtbare Systeme. Erkennen der Analogien zwischen statistischen und quantenfeldtheoretischen Systemen. Erlernen nichtperturbativer Techniken zur Evaluation von Feldtheorien.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik		V4 + Ü2	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik				
Inhalt:	Feldquantisierung im Pfadintegralformalismus, Feynmanregeln der QCD und perturbative Auswertung, Renormierung und Renormierungsgruppe, asymptotische Freiheit und nichtperturbative Physik, Einführung in die Gittereichtheorie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Siehe VQFT1 sowie Grundlagen der statistischen Physik (Zustandssummen, Boltzmanngewichte, Spinmodelle), skalare Feldtheorien, abelsche Feldtheorien				

Modul:	VZQFT	Zerfälle in der Quantenfeldtheorie (Decays in Quantum Field Theory)			
Ziele:	Das Modul soll die Grundlagen für das moderne Verständnis der Zerfälle in der Quantenfeldtheorie und einen Überblick über laufende und geplante Experimente der Teilchenphysik (insbesondere Hadronphysik) vermitteln. Die im Modul vermittelten Kenntnisse sollen den Teilnehmern den Zugang zu aktuellen Fragestellungen der theoretischen Teilchenphysik ermöglichen; die Teilnehmer sollen nach dem Besuch des Kurses und nach der Lösung der Übungsaufgaben selbständig die Berechnung wichtiger Zerfallsprozesse nachvollziehen und durchführen können. Um diese Ziele zu erreichen werden im ersten Drittel des Kurses instabile Zustände im Rahmen der Quantenmechanik (QM) erläutert: dieser Teil stellt eine Vertiefung der Quantenmechanik dar und erlaubt wichtige Konzepte einzuführen. Es werden auch die notwendigen mathematischen Hilfsmittel der Funktionentheorie bereitgestellt. Im restlichen Teil des Kurses werden Zerfälle in der Quantenfeldtheorie detailliert diskutiert und berechnet: Zerfälle von skalaren, vektoriellen und fermionischen Teilchen, Zweikörper-Zerfall und Dreikörper-Zerfall.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Zerfälle in der Quantenfeldtheorie		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Zerfälle in der Quantenfeldtheorie				

Inhalt:	<p>Instabile Zustände in der Quantenmechanik: Mischungsphänomene, Rabi-Oszillationen, Propagator in der Quantenmechanik, Spektralfunktionen, Überlebenswahrscheinlichkeit und Zerfallsgesetz. Diskussion der relevanten Experimenten über Zerfälle mit kalten Ionen (Gruppe von D. Wineland) und mit kalten Atomen (Gruppe von M. Raizen). Funktionentheorie: Multivalued-Funktionen, Riemannflächen, Pole auf der Komplexen Ebene. Zerfälle in der Quantenfeldtheorie: skalare Teilchen (z.B.: skalare Mesonen, Higgs-Boson), Vektorteilchen (z.B.: ρ-Meson), fermionische Teilchen (wie z.B. Baryonen). Dreikörper-Zerfall: Dalitz-Plot, Resonanzen als virtuelle Zustände. Zerfälle im Rahmen einer chiralen hadronischen Theorie. Für jedes Thema werden passende Experimente, wo Zerfälle gemessen worden sind, präsentiert, wie z.B.: Kloe/Frascati, Bes-III, Wasa@Cosy, Experimente über ?Neutrinoless Double-beta Decay?, Belle, Babar, Cms und Atlas am LHC. Auch das künftige Panda-Experiment /FAIR und die geplanten Experimente am J-Lab werden diskutiert.</p>
Erforderliche Vorkenntnisse:	<p>Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2</i>, <i>Theoretische Physik 1-4</i>. Quantenfeldtheorie I erwünscht (aber nicht notwendig).</p>

Modul: VQTLAT	Quantum Theory on the Lattice				
Ziele:	General understanding of the procedure of discretizing continuum theories with its related conceptual problems. Acquiring knowledge of basic methods to evaluate numerically many-dimensional integral equations. Understanding rescaling methods and critical behavior of theories on the lattice. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Quantum Theory on the Lattice		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Quantum Theory on the Lattice				
Inhalt:	method of path integrals; Markov processes; numerical methods - Monte Carlo, microcanonical, Langevin algorithms; phase transitions; Ising and Potts spin models; field theories on the lattice; fermions on the lattice and the sign problem; lattice gauge theories; expansion methods on the lattice - strong/weak coupling, molecular field approximation				
Erforderliche Vorkenntnisse:	basic knowledge of quantum mechanics and quantization; introductory knowledge of statistical mechanics				

Modul:	VKT1	Quarkstruktur der Materie (Quark Structure of Matter)			
Ziele:	Das Modul vermittelt Kenntnisse über die elementare Struktur der Materie auf der Ebene von Quarks und Gluonen und gibt einen Einblick in die Phänomenologie der elementaren starken Wechselwirkung. Ziel der Vorlesung ist insbesondere die Vermittlung des Konzeptes des Streuexperimentes. Es soll herausgearbeitet werden, wie aus den ermittelten Streudaten die jeweilige Information zur Struktur der Materie gezogen werden kann.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Msc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Die Quarkstruktur der Materie		V3 + Ü1	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Die Quarkstruktur der Materie				
Inhalt:	Elastische und inelastische Elektron- und Neutrinostreuung, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, Phänomenologie der Quantenchromodynamik, Farben, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul:	VKT2	Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien (Weak Interaction and Fundamental Symmetries)			
Ziele:	Die Vorlesung behandelt die Eigenschaften der schwachen Wechselwirkung, anhand derer die wichtigsten Merkmale des Standardmodells und seine freien Parameter diskutiert werden. Wichtige Konzepte der modernen Teilchenphysik wie Mischung und Oszillation werden behandelt. Die Vorlesung endet mit einem Ausblick auf die aktuellen offenen Fragen des Feldes wie der elektroschwachen Symmetriebrechung und Physik jenseits des Standardmodells. Die ausführliche Diskussion von Schlüsselexperimenten soll die Fähigkeit schärfen, eine Verknüpfung zwischen experimenteller Beobachtung und physikalischem Sachverhalt herzustellen.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Msc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien		V3 + Ü1	6	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien				
Inhalt:	Schwache Wechselwirkung: Leptonen, Quarkmischungen , Neutrinooszillationen, Paritätsverletzung, Vektor-Axialvektor Kopplung, Neutrale Kaonen, CP-Verletzung, elektroschwache Vereinheitlichung.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul:	VKT3	Starke Kernkraft und Kernmodelle (Strong Interaction and Nuclear Models)			
Ziele:	Die Physik der Atomkerne lässt sich heute noch nicht mit den fundamentalen Wechselwirkungen des Standardmodells vollständig quantitativ beschreiben. In dieser weiterführenden Vorlesung sollen daher effektive Konzepte wie die Nukleon-Nukleon Wechselwirkung und die Bewegung der Nukleonen in einem mittleren Potential diskutiert werden, die zum Kernschalenmodell und damit zu einer bemerkenswert guten Beschreibung der Grundzustands-Kerneigenschaften sowie Einteilchen-Anregungen führen. Die Vorlesung liefert das konzeptionelle und inhaltliche Rüstzeug für verwandte Disziplinen wie etwa der nuklearen Astrophysik.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Msc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Starke Kernkraft und Kernmodelle		V3 + Ü1	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Starke Kernkraft und Kernmodelle				
Inhalt:	Starke Kernkraft, Deuteron, Streuexperimente, Streulänge, Fermigasmodell und Schalenmodell, Transferreaktionen, Elektromagnetische Kernübergänge, Kollektive Kernanregungen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–4</i>				

Modul:	VKT4A	Kern- und Teilchenphysik 4a : Elektromagnetische Sonden der subatomaren Materie (Nuclear and Particle Physics 4a: Electromagnetic Probes of Sub-atomic Matter)			
Ziele:	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Hochenergie-Kernphysik. Es wird eine Übersicht über den aktuellen Stand und die Methoden dieses Forschungsgebietes gegeben. Das erworbene Fachwissen ist bei der Anfertigung von Bachelor- und Master-Arbeiten in diesem Fachgebiet von Wichtigkeit. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Kern- und Teilchenphysik 4a		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Kern- und Teilchenphysik 4a				
Inhalt:	Photonselbstenergie, Elektronenstreuung, Paarvernichtung, zeitartige/raumartige Photonen, Parton-Verteilungsfunktionen, elektro-magnetische Formfaktoren, Dalitz-Zerfälle, Übergangsformfaktoren von Hadronen, In-Medium Spektralfunktionen von Hadronen, thermische Photonen, Di-Leptonen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Kern- und Teilchenphysik: Kernmodelle, Kernkräfte, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, relativistische Kinematik, Quark-Modell, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, QCD-Phänomenologie, Farbfreiheitsgrade, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen.				

Modul:	VKT4B	Kern- und Teilchenphysik 4b : Physik des Quark-Gluon Plasmas (Nuclear and Particle Physics 4b: Physics of the Quark-Gluon Plasma)			
Ziele:	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Hochenergie-Kernphysik. Es wird eine Übersicht über den aktuellen Stand und die Methoden dieses Forschungsgebietes gegeben. Das erworbene Fachwissen ist bei der Anfertigung von Bachelor- und Master-Arbeiten in diesem Fachgebiet von Wichtigkeit. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Kern- und Teilchenphysik 4b		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Kern- und Teilchenphysik 4b				
Inhalt:	Das Phasendiagramm der Quanten-Chromo Dynamik, Experimente der ultra-relativistischen Schwerionenphysik, Reaktionsdynamik und globale Observablen, Sonden des Quark-Gluon Plasmas: Seltsame Teilchen, Jets, Photonen und J/ψ				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Kern- und Teilchenphysik: Kernmodelle, Kernkräfte, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, relativistische Kinematik, Quark-Modell, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, QCD-Phänomenologie, Farbfreiheitsgrade, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen.				

Modul:	VKT4C	Kern- und Teilchenphysik 4c : Resonanzphysik der Hadronen (Nuclear and Particle Physics 4c: Hadronic Resonances)				
Ziele:	Die Studierenden erwerben vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Hadronenphysik. Es wird eine Übersicht über den aktuellen Stand und die Methoden dieses Forschungsgebietes gegeben. Das erworbene Fachwissen ist bei der Anfertigung von Bachelor- und Master-Arbeiten in diesem Fachgebiet von Wichtigkeit. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.					
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine					
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung					
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)					
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet					
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik					
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik					
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.	
Kern- und Teilchenphysik 4c		V2 + Ü1	4	Pf	WS	
Lehrveranstaltung:	Kern- und Teilchenphysik 4c					
Inhalt:	QCD-Bindungszustände (klassische, angeregte und exotische Systeme) Reaktionsmechanismen (Produktion und Zerfall von Hadronen) Statisches Quarkmodell und SU(3) und die Konsequenzen Realistische Quarkmodelle Analysemethoden und Systematik (sehr ausführlich) Experimente zur Hadronenspektroskopie (gestern, heute und morgen)					
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Kern- und Teilchenphysik: Kernmodelle, Kernkräfte, Nukleon-Nukleon-Wechselwirkung, relativistische Kinematik, Quark-Modell, Formfaktoren des Protons, Strukturfunktionen, Partonstruktur, QCD-Phänomenologie, Farbfreiheitsgrade, Gluonen, laufende Kopplung, Quarkonia, Baryonen und leichte Mesonen.					

Modul:	VDP	Physik der Teilchendetektoren (Physics of Particle Detectors)			
Ziele:	Aufgrund seiner inhaltlichen Verbindung der Gründe und Techniken für den Teilchennachweis, den Grundlagen der elementaren Wechselwirkung von Teilchen mit Materie und Engineering-Aspekten sind Sie auf die Konzeption und den Umgang mit modernen Teilchendetektoren vorbereitet. Sie kennen die wesentlichen Techniken des Teilchennachweis. Ihnen sind die grundlegenden Konzepte und technologischen Randbedingungen geläufig. Sie kennen komplexe moderne Detektoraragements.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 6.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Msc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Physik der Teilchendetektoren		V3 + Ü1	6	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Physik der Teilchendetektoren				
Inhalt:	Das Modul dient einer fachlichen Spezialisierung auf dem Gebiet experimenteller Kern- und Teilchenphysik. Die Vorlesung dient als Ergänzung zu den Module VEX4a und VKT1-4 und ist eine Vorbereitung auf das Fortgeschrittenenpraktikum und eine BA/MA Arbeit in diesem Spezialgebiet. Es werden die physikalischen Grundlagen zum Nachweis von Teilchenstrahlung vermittelt werden. Neben der Diskussion der Wechselwirkungen von Strahlung mit Materie Es werden die wichtigsten Detektortypen und ihre Anwendungen in aktuellen und geplanten Experimenten der Kern- und Teilchenphysik vorgestellt. Erworbenes Wissen kann auf andere Bereiche der experimentellen Physik angewendet werden.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i>				

Modul:	VPTHIC	Phase Transitions in Heavy Ion Collisions				
Ziele:	Introduction to basic concepts and experimental methods used in study of the phase transtion between confined and deconfined, strongly interacting matter and structure of the transition line. Review of of the past, current and future experimental programs.					
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine					
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung					
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)					
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet					
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik					
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik					
Lehrveranstaltungen des Moduls			Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Phase Transition in Heavy Ion Collisions			V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Phase Transition in Heavy Ion Collisions					
Inhalt:	The presented subjects are: Standart model of heavy ion collisions at high energies.: basic ideas and measures. Brief history of multiparticle production in high energy interactions and heavy ion physics. Review of the beam energy scan programs with heavy ion collisions. Discovery of the phase transition between confined and deconfiend strongly interacting matter. Statistical model of the onset of deconfinement. Searches for the crtical point of strongly interacting matter.					
Erforderliche Vorkenntnisse:	ExA, ExB, TheoA, TheoB					

Modul: VANAEXHEP	Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik (Analysis Methods in Experimental High-Energy Physics)				
Ziele:	Einführung in die Datenanalyse von Hochenergieexperimenten mit C++ und ROOT. Neben einer Einführung in die Grundlagen der Programmierung werden grundlegende Techniken in der Datenanalyse exemplarisch erarbeitet.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik				
Inhalt:	Concepts of Data Analysis in High-Energy Physics, Modular Programming, Control Stuctures, Basic Variables, Functions, Objects, Encapsulation, Histograms, Trees and NTuples, Monte-Carlo Techniques and Random Number Generators, Analysis of Experimental Data (Exemplary Data Analysis, Acceptance & Efficiency Corrections)				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i> , <i>Theoretische Physik 1–3</i>				

4.4 Festkörperphysik

Modul:	VEXFP1	Experimentelle Festkörperphysik 1 (Experimental Solid State Physics 1)			
Ziele:	Ein Schwerpunkt der Vorlesung ist die Dynamik der Atome eines Festkörpers, die gitterperiodisch angeordnet sind. Ausnutzung der Periodizität führt zunächst zu einer einfachen klassischen Beschreibung der Wellenausbreitung und schließlich zu dem quantenmechanischen Konzept der Gitterschwingungen als kollektive Anregung (Phononen). Ein zweiter Schwerpunkt sind die Auswirkungen des periodischen Gitterpotentials auf die elektronische Struktur des Festkörpers. Dabei werden die verschiedenen Phänomene anhand von modernen experimentellen Methoden zur Bestimmung der jeweiligen physikalischen Eigenschaften veranschaulicht. Die Vorlesung gibt einen Überblick über grundlegende Konzepte in der Festkörperphysik und das Verständnis technologisch relevanter Materialien und richtet sich an eine breite Zuhörerschaft. Das Modul bereitet die Grundlagen für die Beschäftigung mit speziellen Themen wie Supraleitung, Magnetismus oder Halbleiterphysik.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentelle Festkörperphysik 1		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Experimentelle Festkörperphysik 1				
Inhalt:	Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.				

Erforderliche Vorkenntnisse:	Die Vorlesung baut auf die in der „Einführung in die Festkörperphysik“ (VEX4B) vermittelten Grundlagen zum atomaren Aufbau und zur elektronischen Struktur von Festkörpern auf. Es werden außerdem einfache Methoden der Quantenmechanik verwendet.
---------------------------------	---

Modul: VEXFP2	Experimentelle Festkörperphysik 2 (Experimental Solid State Physics 2)				
Ziele:	Ziel dieser Vorlesung ist es, komplexere festkörperphysikalische Eigenschaften, die sich aus der Fermi-Statistik und der elektronischen Bandstruktur ergeben, systematisch zu verstehen. Dazu gehören die Bewegung von Ladungsträgern in Festkörpern, die Wechselwirkung der Ladungsträger mit el.-magn. Strahlung oder kollektive elektrische und magnetische Ordnungsphänomene. Das Modul gibt einen weiterführenden Überblick über allgemeine Festkörpereigenschaften und greift exemplarisch aktuelle und forschungsnahe Fragestellungen auf. Das Modul bereitet die Grundlagen für die Beschäftigung mit speziellen Themen wie Supraleitung, Magnetismus oder Halbleiterphysik und kann eine Ba/Ma-Arbeit in experimenteller Festkörperphysik begleiten/vorbereiten. In der Übung sollen die Inhalte selbständig und in Team-Arbeit vertieft und eine fachliche Präsentation eingeübt werden.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentelle Festkörperphysik 2		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Experimentelle Festkörperphysik 2				
Inhalt:	Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Die Vorlesung baut auf die in VEX4B und VEXFP1 vermittelten Grundlagen zum atomaren Aufbau und zur elektronischen Struktur von Festkörpern auf. Es werden außerdem einfache Methoden der Quantenmechanik verwendet.				

Modul: VEXSUP	Einführung in die Supraleitung (Introduction to Superconductivity)				
Ziele:	Das Modul vermittelt die wichtigsten Grundlagen des makroskopischen Quantenphänomens Supraleitung (experimentelle Grundlagen, theoretische Modelle, Anwendungen). Den Studierenden werden in systematischer Weise grundlegende Konzepte der physikalischen Modellbildung von der phänomenologisch orientierten Beschreibung (London-Theorie), hin zu übergreifenden Konzepten (Ginzburg-Landau-Theorie), bis zur mikroskopischen Erklärung (BCS-Theorie) nahegebracht. Neben diesen theoretischen Grundlagen zur Supraleitung erhalten die Studierenden einen Überblick der wichtigsten supraleitenden Materialklassen und deren technologisches Anwendungspotential. Zur Vertiefung kann zusätzlich zur Vorlesung ein optionales Seminar zu ausgewählten Fragen der Supraleitung besucht werden.				
Credit Points:	5 mit, 3 ohne Sem.	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 3.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Supraleitung		V2 (+S1)	5/3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Supraleitung				
Inhalt:	Auswahl aus folgenden Themen: Grundlegende supraleitende Eigenschaften, Phänomenologie und Thermodynamik, phänomenologische Modelle: London- und Ginzburg-Landau-Theorie, Typ-I- und Typ-II-Supraleiter, Quanteninterferenzphänomene (Josephson-Effekte), Grundzüge der BCS-Theorie, Konsequenzen der BCS-Theorie, Bose-Einstein-Kondensation, Anwendungen der Supraleitung, neue supraleitende Materialien, konventionelle und unkonventionelle Supraleiter.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Maxwell-Gleichungen; Kenntnisse der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, quantenmechanisches Tunneln, Stromoperator, Aharonov-Bohm-Effekt, Fock-Raum-Darstellung; Grundlegende Konzepte der Festkörperphysik: Kristallstrukturen, elektronische Bandstruktur, Ladungstransport in Metallen (Drude-Modell), Phononen, Zustandsdichte; Grundlegende Konzepte der Thermodynamik und Statistik: thermodynamische Potentiale, Boltzmann-Faktor				

Modul: VEXTIP	Experimentelle Tieftemperaturphysik (Experimental Low Temperature Physics)				
Ziele:	In diesem Modul werden wesentliche Konzepte und Techniken der Tieftemperaturphysik aus elementaren quantenmechanischen Grundsätzen (wie Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Statistik für Quantengase mit ganz- und halbzahligem Spin) entwickelt. Die Vorlesung gibt einen Überblick über aktuelle Kühltechniken und experimentelle Methoden der Tieftemperaturphysik und zeigt deren Anwendung in der aktuellen Grundlagenforschung auf. Das Modul ist für ein breites Publikum konzipiert und vermittelt wesentliche Grundlagen für eine weitere fachliche Spezialisierung in der experimentellen Tieftemperaturphysik.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentelle Tieftemperaturphysik		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Experimentelle Tieftemperaturphysik				
Inhalt:	Temperaturskalen, Thermometrie, Quantenflüssigkeiten $^4\text{He}/^3\text{He}$: Phasendiagramme, Superfluidität, Kühltechniken im Kelvin- sowie Subkelvin- und Submillikelvin-Bereich.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–4</i> , <i>Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VNANOEL	Nanoelektronik (Nanoelectronics)				
Ziele:	In diesem Modul lernen die Studierenden Aspekte des interdisziplinären Gebietes der Nanoelektronik kennen. Dazu werden die hauptsächlich verwendeten Materialien und Methoden zur Realisierung nanoskopischer, funktionaler Bauelementstrukturen vorgestellt und deren elektronische Eigenschaften diskutiert. Ausgewählte Methoden zur Modellierung der physikalischen Eigenschaften von Nanostrukturen werden vorgestellt. Aktuelle Entwicklungen und neue Forschungsergebnisse werden in die Vorlesung inhaltlich integriert.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Nanoelektronik		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Nanoelektronik				
Inhalt:	Ausgewählte Kapitel der Quantentheorie (Sub-Bänder und niedrig-dimensionale Systeme, Quantenbox, Quantenpunkt, Quantenreflexion/Transmission/Tunneln, etc.), Materialien (Halbleiter-Heterostrukturen, Organische Halbleiter, Kohlenstoff-Nanoröhren und Fullerene, Graphen, Granulare Systeme, etc.), Fabrikations- und Charakterisierungstechniken (Dünnschichttechniken, Nanostrukturierung, Selbstorganisation, Rasterkraftmikroskopie, etc.), Elektronischer Transport in Nanostrukturen (Streulängen, Diffusion, Dephasierung, Landauer-Formel, etc.), Einzelelektronentunneln und Bauelemente (Coulomb-Blockade, Einzelelektronentransistor, Coulomb-Oszillationen, etc.).				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Maxwell-Gleichungen; Kenntnisse der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, quantenmechanisches Tunneln, Stromoperator, Aharonov-Bohm-Effekt; Grundlegende Konzepte der Festkörperphysik: Kristallstrukturen, elektronische Bandstruktur, Ladungstransport in Metallen und Halbleitern, Zustandsdichte; Grundlegende Konzepte der Thermodynamik und Statistik: Diffusion				

Modul: VLASOPT	Laser- und Optoelektronik (Laser and Optoelectronics)				
Ziele:	<p>Das Modul hat zum Ziel, die Studierenden zu befähigen, sich an aktuellen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Bereichen der Laserspektroskopie sowie der photonischen und optoelektronischen Technologie zu beteiligen. Die Studierenden werden mit experimentellen Konzepten der Erzeugung, Ausbreitung, Modulation und Detektion kohärenter optischer Strahlung vertraut gemacht. Sie lernen außerdem die zugrunde liegenden theoretischen Beschreibungen auf dem Niveau der klassischen Theorie der Elektrodynamik kennen. Quantenaspekte werden, wo notwendig, qualitativ eingeführt.</p> <p>Eine zentrale Rolle im Lernprogramm nehmen die physikalischen Prinzipien verschiedener Arten von Lasern ein. Halbleiterlaser finden aufgrund ihrer großen Relevanz für technologische Anwendungen, die an Beispielen beschrieben werden, besonderes Augenmerk. Ein Bezug zur Spektroskopie wird hergestellt, indem die Bedeutung strahlender Übergänge sowohl für die Lasertätigkeit selbst als auch für die Untersuchung atomarer, molekularer und fester Materialien aufgezeigt wird. Die Studierenden lernen weiterhin, wie ultrakurze Lichtpulse erzeugt und detektiert sowie für die zeitaufgelöste Spektroskopie genutzt werden.</p> <p>Es wird ein theoretischer Apparat entwickelt und durchgängig angewendet, der die Studierenden befähigt, verschiedene Formen der linearen und nichtlinearen Licht-Materie-Wechselwirkungen quantitativ zu beschreiben.</p>				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Laser- und Optoelektronik		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Laser- und Optoelektronik				

Inhalt:	Mathematische Beschreibung elektromagnetischer Felder, Fourier-Transformationen, zeitliche und räumliche Wellenausbreitung, Gauß-Strahlen, geometrische Optik, optische Resonatoren, Wellendispersion. Lasergrundlagen: Strahlende Übergänge, spektrale Verbreiterung, Verstärkungssättigung, Dauerstrich- und gepulster Laserbetrieb, Modenkopplung, verschiedene Lasertypen (Gas, Festkörper, Farbstoff), Halbleiterlaser. Nichtlineare Optik: Oberwellenerzeugung, Phasenanpassung, elektrooptische Modulation, Selbstphasenmodulation, Messung optischer Pulse, Detektion optischer Strahlung.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–4</i> , <i>Anfängerpraktikum 1–2</i>

Modul: VHABAU	Halbleiter- und Bauelementephysik (Physics of Semiconductors and Electronic Devices)				
Ziele:	Das Ziel der Vorlesung ist die wichtigsten Grundlagen der Halbleiterbauelemente und ihrer Anwendungen zu vermitteln. Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, basierend auf Quantisierungseffekten die Hochfrequenzeigenschaften moderner Halbleiterbauelemente und ihrer Modellierung zu verstehen und an einfachen Schaltungen zu studieren. In kleineren Projekten sollen die Studenten einige Eigenschaften und physikalische Grundlagen aus der Vorlesung vertiefen. Hierbei werden Teamarbeit und Literaturstudium erlernt bzw. vertieft. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf der Anwendung von nanostrukturierten Halbleiterbauelementen mit quantisierten Zuständen in modernen Schaltungen für Hochfrequenzanwendungen. Interessierte Studenten sollen in die Lage versetzt werden einige dieser Aspekte zu Bachelor- und Master-Arbeiten auszuarbeiten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung;im Fall von Studierenden mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	im Fall von Studierenden mit Schwerpunkt <i>Physik der Informationstechnologie</i> sowie ansonsten auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Halbleiter- und Bauelementephysik		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Halbleiter- und Bauelementephysik				

Inhalt:	Einführung der festkörperphysikalischen Besonderheiten von Halbleitern (Materialeigenschaften, Bandstruktur, Exzitonen, Dotierung, DC-Leitfähigkeit); Übergänge und Kontakte (p-n-Übergang, Schottky-Kontakt, ohmscher Kontakt, Heterostruktur-Übergang); Feldeffekt, Tunneleffekt; Halbleiterbauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor, Leuchtdiode, etc.); Hochfrequenzeigenschaften und -bauelemente (Gunn-Effekt, Schottkydiode), Quantisierungseffekte und ihre Nutzung (Resonante Tunneldiode, HEMT-Transistor, HBT-Transistor, etc.); Bauelementemodellierung und Schaltungsentwurf; Bauelemente auf nicht Standardhalbleitern (Graphen, Kohlenstoffröhren).
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , <i>Anfängerpraktikum 1–2</i>

Modul: VKRISZ		Grundlagen der Kristallzüchtung (Foundations of Crystal Growing)			
Ziele:		<p>Das Modul vermittelt die erforderlichen Grundlagen zur erfolgreichen Mitarbeit in einem experimentellen Projekt zur Kristallzüchtung. Die Studierenden besitzen dann die</p> <ul style="list-style-type: none">• Fähigkeit, den hier angestrebten kristallinen Zustand von anderen Erscheinungsformen fester Materie abgrenzen zu können.• Fähigkeit zur Beurteilung der Machbarkeit von Kristallzüchtungsvorhaben auf Grundlage von Phasendiagrammen.• Kenntnis der experimentellen Vorgehensweise zur Bestimmung von Phasendiagrammen.• Kenntnis der Mechanismen der Keimselektion und Einsicht in die Bedingungen unter denen eine erfolgreiche Keimbildungskontrolle möglich ist.• Kenntnis der typischen Grenzschichten während des Kristallwachstums und Einsicht in die hierdurch vermittelten Einwirkungen hydrodynamischer Instabilitäten auf die Materialeigenschaften.• Kenntnis typischer Kristallzüchtungsmethoden und Fähigkeit, diese nach spezifischen Schwierigkeiten und Realisierungsaufwand zu beurteilen.• Fähigkeit, kristalline Proben über Mikroskopie und Röntgenmethoden so zu charakterisieren, dass sie erfolgreich in die Festkörperforschung eingebracht werden können.			
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, Msc Physik, Bsc Biophysik, Msc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Grundlagen der Kristallzüchtung		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Grundlagen der Kristallzüchtung				

Inhalt:	Charakteristika des kristallinen Zustands der Materie; Physikalische Grundlagen der Kristallzüchtung: Phasendiagramme, Keimbildung, Segregation, Hydrodynamik; Methoden zur Kristallzüchtung aus verschiedenen ungeordneten Ausgangsphasen; Verfahren zur Material- und Kristallcharakterisierung: Differentielle Thermoanalyse, Röntgendiffraktometrie, Optische und Elektronenmikroskopie;
Erforderliche Vorkenntnisse:	Breites Grundlagenwissen aus den Veranstaltungen Experimentalphysik 1, 2, und 3a) sowie den Anfängerpraktika 1 und 2, insbesondere betreffend: Beschreibung von Bewegungsvorgängen, Hydrodynamik und Hydrostatik, Umgang mit thermodynamischen Potentialen, elektrische Meßtechnik, Induktionsvorgänge, Beugung und Interferenz, Erzeugung von Röntgenlicht, Aufbau und Funktion von Mikroskopen.

Modul: VTHFP1	Einführung in die Theoretische Festkörperphysik (Introduction to Theoretical Solid State Physics)				
Ziele:	In diesem Modul wird ein Überblick über die grundlegenden Konzepte der theoretischen Festkörperphysik gegeben. Der Schwerpunkt liegt auf der Behandlung von periodischen Gittern und den Eigenschaften der elektronischen Zustände in diesen. Die Vorlesung kann ergänzend zur experimentellen Festkörperphysik (VEXFP1 & 2) gehört werden und ist hinführend auf eine Bachelorarbeit in der theoretischen Festkörperphysik.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Theoretische Festkörperphysik		V3 + Ü2	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Theoretische Festkörperphysik				
Inhalt:	Struktur von Festkörpern, Born-Oppenheimer Näherung, Gitterschwingungen, nichtwechselwirkende Elektronen, Bloch Theorem, Bandstruktur, Halbleiter, elektronischer Transport, Elektron-Elektron-Wechselwirkung, Modelle für wechselwirkende Elektronen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–4</i>				

Modul: VTHFP2	Höhere Theoretische Festkörperphysik (Advanced Theoretical Solid State Physics)				
Ziele:	In diesem Modul werden fortgeschrittene Themen der theoretischen Festkörperphysik behandelt. Dabei wird über die Beschreibung als wechselwirkende Vielteilchensysteme insbesondere ein tieferes Verständnis für fundamental nicht-klassische Phänomene in Festkörpern vermittelt. Die Vorlesung kann ergänzend zur experimentellen Festkörperphysik (VEXFP1 & 2) gehört werden und ist hinführend auf eine Masterarbeit in der theoretischen Festkörperphysik.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.5 CP	Selbststudium: 3.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Höhere Theoretische Festkörperphysik		V3 + Ü2	6	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Höhere Theoretische Festkörperphysik				
Inhalt:	Wechselwirkende Elektronen, Hartree-Fock Theorie, Magnetismus, Supraleitung, Fermi-Flüssigkeitstheorie und Quasi-Teilchen-Konzept				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , <i>Einführung in die Theoretische Festkörperphysik</i>				

Modul: VFKPPC	Festkörperphysik am PC (Solid State Physics on the PC)				
Ziele:	'Festkörperphysik am PC' ist eine ergänzende Veranstaltung für Hörer und Hörerinnen der Vorlesung 'Experimentalphysik 4b: Festkörper' (VEX4B) bzw. der nachfolgenden Vorlesung 'Experimentelle Festkörperphysik 1' (VEXFP1). Unter Zuhilfenahme geeigneter Software (wird im Rahmen der Veranstaltung zur Verfügung gestellt) werden grundlegende festkörperphysikalische Zusammenhänge an ausgewählten Beispielen ausführlicher betrachtet. Nach entsprechender Einführung bearbeiten die Studierenden eigenständig Übungsaufgaben und vertiefen dadurch ihr Verständnis der formalen Beschreibung festkörperphysikalischer Zusammenhänge und deren Anwendung in der experimentellen Praxis. Bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben ist Zusammenarbeit in Zweier- oder Dreiergruppen erwünscht; mögliche Lösungen sollen diskutiert und am Rechner auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Der Schwerpunkt der Veranstaltung liegt auf der Festkörperphysik und nicht auf der Vermittlung spezieller Programmierkenntnisse. Es werden überwiegend Themen behandelt, die auch Gegenstand der erstgenannten Vorlesung sind. Wegen des Termins vor Beginn des Wintersemesters ist die Blockveranstaltung daher auch zur Auffrischung des Gehörten und Einstimmung auf die nachfolgenden Festkörperphysikvorlesungen geeignet.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 1 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: vor Beginn des WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Festkörperphysik am PC		V2 + Ü1	2	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Festkörperphysik am PC				
Inhalt:	Kristallstrukturen (Gitter im Orts- und reziproken Raum), Röntgenbeugung in 1D und 2D an perfekten und gestörten Kristallen, Phononen (Dispersionsrelation), Wärmekapazität				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse zu oben genannten Themen, wie sie z.B. in der Veranstaltung "Experimentalphysik 4b: Festkörper" (VEX4B) vermittelt werden, keine Programmierkenntnisse				

4.5 Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik

Modul: VATOM1	Atomphysik 1 (Atomic Physics 1)				
Ziele:	Das Module erstrebt eine Vertiefung der Konzepte der Quantenmechanik und deren beobachtbaren Auswirkungen. Die Studierenden sollen exemplarisch an ein aktuelles Forschungsgebiet herangeführt werden. Sie sollen lernen sich komplexe Inhalte die noch nicht in Lehrbuchform vorliegen auch aus der Originalliteratur anzueignen. Es soll die anschauliche physikalische Argumentation mit minimalem mathematischen Formalismus trainiert werden.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Atomphysik 1		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Atomphysik 1				
Inhalt:	Atome als quantenmechanische Teilchen: Quantenoptik mit Atomen, Doppelspalt mit Materiewellen, Dekohärenz, Verschränkung, Quantenkryptography, Quantenradierer. Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit einzelnen Photonen, Photoeffekt, Wirkungsquerschnitt, Drehimpulse, Wechselwirkung von Atomen mit starken Laserfeldern				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Elementare Grundlagen der Quantenmechanik				

Modul: VATOM2	Atomphysik 2 (Atomic Physics 2)				
Ziele:	Das Module erstrebt eine Vertiefung der und Erweiterung des Kenntnisse der Quantenmechanik. Es soll erlernt werden Brücken zwischen verschiedenen Theorien zu bilden.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Atomphysik 2		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Atomphysik 2				
Inhalt:	Einführung in die relativistische Quantenmechanik aus atomphysikalischer Perspektive. Einführung in die QED aus atomphysikalischer Perspektive Atomare Übergänge Einführung in die relativistische QED Experimentelle Techniken der Erzeugung und Spektroskopie Hochgeladener Ionen Comptonstreuung und Paarerzeugung Detektoren der Atomphysik				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Elementare Grundlagen der Quantenmechanik				

Modul: VATOM3	Atomphysik 3 (Atomic Physics 3)				
Ziele:	Einarbeiten in ein anspruchsvolles modernes Gebiet der Physik auf fortgeschrittenem Nivea. Erlernen von grundlegenden Konzepten zur Beschreibung der Dynamik von einfachen gestörten quantenmechanischen Systemen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Atomphysik 3		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Atomphysik 3				
Inhalt:	1. Augereffekt, angeregte Atome und der Weg zu neuen Quantenzahlen 2. Fundamentalprozesse in der Elektron-Atom Streuung: Resonanzstreuung, Ionisation ,Diffraktionsstreuung,(e,2e) 3. Fundamentalprozesse in der Ion- Atom Streuung: experimentelle Technik, Ionisations- und Elektroneneinfangsprozesse, Besonderheiten bei sehr starken Störungen, atomic fireball, Bremsstrahlung , Antiprotonische Atome, relativistische Stöße				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Kenntnisse der theoretischen Quantenmechanik				

Modul: VPLASMA	Plasmaphysik (Plasma Physics)				
Ziele:	Im Modul wird ein Überblick über Plasmen als ein Phasenzustand aus ionisierte Materie gegeben. Der gültige Parameterbereich und die Beschreibung von Plasmen wird dargestellt. Als Anwendung der Plasmaphysik werden die Bedingungen erläutert, bei denen Kernfusion zur Energiegewinnung verwendet werden kann. Dazu wird auch ein Überblick über aktuelle Forschungen und die physikalischen Grundlagen zur Fusion leichter Elemente gegeben.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Plasmaphysik		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Plasmaphysik				
Inhalt:	Plasmen im Universum und Labor, grundlegende Plasmaparameter, Plasmadichte und -temperatur, Ionisationsgrad, Plasmaerzeugung mit Hilfe von Entladungen, Ionen-oder Laserstrahlen, Einteilchenbewegung, Gyrationradius, Driftbewegungen, magnetische Spiegel, Townsend-Koeffizienten einer Entladung, Paschenkurve, Debye-Länge, Plasmafrequenz, Landau-Länge, Gamma-Parameter, lokales und partielles thermodynamisches Gleichgewicht, Boltzmann-Verteilung, Saha-Gleichung, weltweiter Energiebedarf, Umweltaspekte der Energieerzeugung, Brennstoffvorrat, Fusion in der Sonne, magnetischer Einschluss, Trägheitseinschluss, Bindungsenergie von Atomkernen, Schwellenenergie und Energiefreisetzung verschiedener Fusionsreaktionen, Fusionswirkungsquerschnitte und Reaktionsrate, Energiebilanz eines Fusionsplasmas, Lawson- und $\rho \cdot r$ -Kriterium für Fusion, Kompression und Energiegewinn, magnetische und hydrodynamische Instabilitäten, Anforderungen an Reaktorkonzepte.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–2, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VEXPO	Moderne Experimentelle Optik (Modern Experimental Optics)
Ziele:	<p>Grundlegende Aspekte: Das grundlegende Verständnis wellenoptischer Phänomene wird, ausgehend vom Kenntnisstand der Studierenden nach dem Besuch der Einführungs- vorlesung Exp.physik 3a, vertieft. Eine zentrale Rolle spielt die Phase der elektromagnetischen Felder. Das Einüben im Umgang mit der Phase ist auch für die Quantenmechanik hilfreich, wo der Phase der Wellenfunktion eine vergleichbare Rolle zukommt. Die Studierenden werden mit einer Reihe moderner Konzepte und Verfahren der Optik, die sowohl in der Forschung als auch in der Anwendung eine wichtige Rolle spielen, vertraut gemacht. Damit führt die Vorlesung einerseits an Themen aktueller Forschung heran und bereitet auf Bachelor-, Master- und Staatsexamensarbeiten vor, sie dient aber auch der Vorbereitung auf den Beruf im Bereich optischer Technologien und im Lehramt.</p> <p>Spezifische Aspekte:</p> <p>Optische Abbildung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Den Studierenden wird bewusst, dass der optische Abbildungsvorgang als Hintereinanderausführung Fraunhoferscher Beugung aufgefasst werden kann und dass letztere ihre mathematische Entsprechung in der Fouriertransformation findet. • Abbildungen können simuliert, Bilder berechnet werden. • Die Studierenden wissen um die Bedeutung der Fourier-Ebene für Verfahren zur Bildfilterung und Kontrasterzeugung in der Mikroskopie. • Ursachen der Auflösungslimitierungen in Bezug auf die optische Abbildung werden bewusst und Auswege über moderne nichtkonventionelle Abbildungsverfahren wie Nahfeldverfahren und Methoden der synthetischen Apertur erkennbar. • Holographie führt zu vertieftem Verständnis der Bildentstehung (Phasenproblem) und leitet über zu moderneren Anwendungsideen wie der Phasenkonjugation und der Bildauffrischung. <p>Kohärenz, Laserlicht:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kohärenz ist für die Studierenden präzise beschreibbar über die Kohärenzbedingungen. • Die Studierenden kennen die Korrelationsfunktionen als modernes Werkzeug zur Beurteilung des Kohärenzgrades sowie Anwendungen in der modernen Astronomie. • Die Studierenden haben eine realistische Vorstellung in Bezug auf die Kohärenzeigenschaften und die bestimmenden Parameter verschiedener Lichtquellen. • Die Studierenden können das Zustandekommen der Granulationserscheinungen ("Speckle pattern") bei Verwendung des Laserlichts zur Beleuchtung deuten. • An Forschungsthemen zu kohärenten Verfahren der Strahlungsfelddetektion wird herangeführt, mit denen man zur dreidimensionalen Bildgebung gelangt. <p>Kristalloptik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden kennen die Besonderheiten der Lichtausbreitung in Kristallen und klassifizieren diese mit dem dielektrischen Tensor hinsichtlich der opt. Anisotropie. • Phänomene der Kristalloptik können zur Kristallorientierung eingesetzt. <p>Unkonventionelle optische Materialien:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es wird vermittelt, dass künstliche optische Materialien (Metamaterialien) die Möglichkeiten der Optik enorm erweitern. Sie ermöglichen Brechungsindizes ± 1 und sogar negative Indices, mit denen theoretisch Abbildung frei von Beugungsbegrenzung, perfekte Absorption, etc. möglich werden. • Transformationsoptik: Gezielt optimierte inhomogene Metamaterialien kommen für Anwendungen wie optische "Tarnkappen" in Betracht. <p>Nichtlineare Optik:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden erkennen typische Phänomene der nichtlinearen Optik als Folge der Wechselwirkung intensiven Lichts mit Materie und kennen die Bedingungen für deren Beobachtbarkeit. Vertraute optische Erfahrungen werden als Ergebnis einer linearen Näherung in ihrer Allgemeingültigkeit relativiert. • Die Studierenden erhalten Einsicht in die Bedeutung von Mehrphotonenprozessen für grundsätzliche Fragestellungen der Quantenphysik.

Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP	Selbststudium: 2 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, L3 Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Moderne Experimentelle Optik		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Moderne Experimentelle Optik				
Inhalt:	Optische Abbildung im Wellenbild; Abbildung und Fourier-Transformation; nichtkonventionelle linsenfreie Abbildungsmethoden (Nahfeldverfahren, Synthetische Apertur); Holographie; Kohärenz und Korrelation, Eigenschaften von Laserlicht; Tomographie; Kristall-Optik; negativer Brechungsindex; Metamaterialien; Transformationsoptik; "Tarnkappe" aus Metamaterial; Nichtlineare Optik.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagenwissen aus den Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1, 2, und 3a</i>) sowie aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 1.				

4.6 Angewandte Physik

Modul:	VBEP	Einführung in die Beschleunigerphysik (Introduction to accelerator physics)			
Ziele:	In diesem Modul wird ein Überblick über die geschichtliche Entwicklung des Beschleunigerbaus gegeben. Die wichtigsten Beschleunigungskonzepte werden vorgestellt sowie damit erzielte wissenschaftliche Durchbrüche angesprochen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Beschleunigerphysik (Introduction to accelerator physics)		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Beschleunigerphysik (Introduction to accelerator physics)				
Inhalt:	Beschleunigungsmechanismen, Linear- und Kreisbeschleuniger, Strahlerzeugung, Fokussierung, elektrostatische und hochfrequente Strukturen, HF-Erzeugung, Beschleunigeranwendungen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i> , <i>Theoretische Physik 1–3</i> , <i>Atomphysik 1</i> , <i>Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VELSEN	Elektronik und Sensorik (Electronics and Sensorics)				
Ziele:	Das Modul bietet eine Einführung in die Grundlagen der Elektronik und Schaltungstechnik. Ziel des Modules ist es, den Studierenden einen kompakten Einblick in die Funktionsweise analoger und digitaler Schaltungen zu vermitteln, die z.B. im Bereich der eingebetteten Systeme (wie im Automotive- oder Multimediabereich) zunehmend ineinandergreifen. Daher wird zunächst die Theorie elektrischer Netzwerke und die Funktionsweise von Halbleiterbauelementen, sowie Grundschaltungen in der Analogelektronik mit Dioden, Transistoren und Thyristoren besprochen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Elektronik und Sensorik I (Electronics and Sensorics I)		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Elektronik und Sensorik I (Electronics and Sensorics I)				
Inhalt:	Die Vorlesung ?Elektronik und Sensorik I? bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundschaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				

Modul: VDIGEL	Digitale Elektronik (Digital Electronics)				
Ziele:	Den Studierenden erhalten einen breiten Einblick in die Funktionsweise digitaler Schaltungen. Durch die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung werden die Studierenden darauf hingeführt, zukünftige vertiefende Arbeiten und Aufgabenstellungen auf dem Gebiet sicher einzuordnen und kleinere Projekte auf dem Gebiet durchzuführen. Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Digitale Elektronik I (Digital Electronics I)		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Digitale Elektronik I (Digital Electronics I)				
Inhalt:	In der Vorlesung ?Digitalelektronik I? werden zunächst die für das Digitalelektronikpraktikum benötigten Kenntnisse vorbereitet, so werden z.B. die boolsche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien eingeführt. Hierbei wird Wert auf die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung gelegt.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse von Halbleiterbauelementen (Diode und Transistor als Schalter)				

Modul: VLINAC	Linearbeschleuniger (Linear Accelerators)				
Ziele:	Das Modul dient der Vermittlung von Grundbegriffen und Konzepten zu Linearbeschleunigern für Elektronen und Hadronen und zu Ionenquellen. Diese werden gemeinsam mit den Studierenden entwickelt und damit es soll ein vertiefter Überblick über ein aktuelles Forschungsgebiet der Beschleunigerphysik vermittelt werden. Der oder die Studierende ist nach Absolvieren des Moduls in der Lage die Strahldynamik zu und die Auslegung von Strahltransportstrecken und Linearbeschleunigerelementen zu beherrschen Das umfasst unter anderem Hochfrequenzresonatoren, sowie die Strahldynamik von raumladungsdominierten Strahlen. Die Studenten können die Ergebnisse des Moduls zusammengefasst aufbereiten und ggf. auch in einem Vortrag präsentieren.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Linearbeschleuniger (Linear Accelerators)		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Linearbeschleuniger (Linear Accelerators)				
Inhalt:	Elektronen- und Ionenquellen, Separationstechniken, Strahltransportelemente, Überblick über vielzellige Resonatoren, Strahllast, Liouvillescher Satz, Vlasov- und Fokker-Planck – Gleichungen, raumladungsdominierte Strahlen, Raumladungskompensation, Anwendungen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Theoretische Physik 1–3</i>				

Modul: VSYNCR	Ringbeschleuniger und Speicherringe (Synchrotrons and Storage Rings)				
Ziele:	Das Modul dient einer weitgehenden fachlichen Spezialisierung im Bereich Beschleunigerphysik, speziell zu den Ringbeschleunigern. Es vertieft das fachliche und methodische Wissen, was in der Einführungsvorlesung vermittelt wird. Die Studenten haben das fachliche Wissen zur Theorie der Strahldynamik, der Beschleunigerkomponenten und der Hochfrequenzresonatoren in Hinblick auf Ringbeschleuniger erweitert. Die Studenten sind nach Absolvieren des Moduls in der Lage die strahldynamischen Grundzellen, die HF-Systeme und die Magnete eines Ringbeschleunigers auszulegen. Die relevante Literatur zum Stand der Ringbeschleuniger ist den Studenten bekannt, so dass eigene Literaturrecherchen durchgeführt werden können.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 2.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Ringbeschleuniger und Speicherringe (Synchrotrons and Storage Rings)		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Ringbeschleuniger und Speicherringe (Synchrotrons and Storage Rings)				
Inhalt:	Kreisbeschleunigerkomponenten, Emittanz, Alternierende Gradienten Fokussierung, Strahltransport intensiver Strahlen, Strahlstabilität, Strahlkühlung, HF-Systeme, Ring-Strahldynamik (transversal, longitudinal), selbstkonsistente Teilchenverteilungen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VACAPP	Beschleunigeranwendungen in Forschung, Medizin und Technik (Accelerator applications in research, medicine and technics)				
Ziele:	Das Modul dient einer weitgehenden fachlichen Spezialisierung im Bereich Beschleunigerphysik, speziell der vielfältigen Anwendungsgebiete von Teilchen-beschleunigern. Die Studenten haben das fachliche Wissen zur beschleunigergestützten Forschung und Anwendung in Industrie und Technik. Die Studenten haben nach Absolvieren des Moduls Kenntnisse zur medizinischen Anwendung von Beschleunigern, der biologischen Grundlagen zur Strahltherapie, so dass eigene Literaturrecherchen durchgeführt werden können. Das Modul hat weiterhin zum Ziel die generelle Erzeugung von Sekundärstrahlen (Synchrotronstrahlung, Antimaterie, Neutronen, radioaktive Isotope) zu diskutieren und die Grundlagen mit den Studenten zu erörtern.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Beschleunigeranwendungen in Forschung, Medizin und Technik (Accelerator applications in research, medicine and technics)		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Beschleunigeranwendungen in Forschung, Medizin und Technik (Accelerator applications in research, medicine and technics)				
Inhalt:	Beschreibung des verfügbaren Strahlparameterraums, beschleunigergestützte Grundlagenforschung, Erzeugung von Sekundärstrahlen (radioaktive Strahlen, Neutronen, Positronen, Antiprotonen, Neutrinos...) Medizinische Anwendung: physikalische und biophysikalische Grundlagen der Strahlentherapie, Strahl-Materie-Wechselwirkung, Strahlenbelastung, Therapieverfahren, Diagnoseverfahren, medizinische Beschleunigeranlagen Synchrotronstrahlung (Erzeugung und Anwendung), Materialforschung mit Ionenstrahlen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VSUPAC	Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusionstechnologie (Superconductivity in accelerator and fusion technology)				
Ziele:	Der Besuch der Vorlesung erlaubt den Studierenden einen Einblick in das äußerst aktive Feld der Supraleitung und deren Anwendungen in Beschleuniger- und Fusionstechnologie. Insbesondere erhalten Sie einen tiefen Einblick in die Hochfrequenzsupraleitung. Gemeinsam werden die theoretischen Grundlagen zum Test supraleitender Resonatoren erarbeitet. Die Vorlesung gibt einen Einblick in eine Vielzahl von Fragestellungen und Phänomenen wie Hochfrequenzwellen, Verlustleitung, Feldemission, Multipacting, Strukturmechanik, Feld- und Frequenztuning. Anhand von Übungen können die Studierenden sich vertiefend mit diesen Themen auseinander setzen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusionstechnologie (Superconductivity in accelerator and fusion technology)		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusionstechnologie (Superconductivity in accelerator and fusion technology)				
Inhalt:	Grundlagen und Phänomene der Supraleitung, wichtigste Verbindungen, Leiterherstellung, Spulenaufbau, Magnete, Hochfrequenzsupraleitung, supraleitende Resonatoren, Herstellung und Oberflächenpräparation, Tuning, Ankopplung, Messverfahren, aktuelle Forschungsprojekte				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Theoretische Physik 1–3, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VVAKP1	Vakuumphysik I (Vacuum Physics I)				
Ziele:	Studierende werden mit Berechnungsmethoden und Konzepten zur Auslegung von Vakuumkammern sowie zur Ausstattung mit Vakuumpumpen und Messgeräten vertraut gemacht. Die Vorlesung ist für alle Themengebiete hilfreich, die mit Vakuumserzeugung verknüpft sind. Sie ist damit für viele Bachelor- und Masterarbeiten in der experimentellen Physik relevant. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Vakuumphysik I (Vacuum Physics I)		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Vakuumphysik I (Vacuum Physics I)				
Inhalt:	Kinetic theory of gases (pressure, velocity distribution, mean free path). Gas flow types: molecular, laminar and turbulent regimes. Compressible flow. Flow resistance (conductance), connection of resistances. Pumping speed. Choked flow. Transitional flow. Evaporation condensation. Pumping processes. Physics of vacuum pumps: Positive Displacement Pumps (liquid ring, rotary, roots). Multistage Pumps. Example of Pump down with Leak. Kinetic pumps (Molecular drag, Turbo Molecular, Diffusion Pump). Capture Pumps (Getter Pump + Example, Sputter-ion pump, Cryo-pump). Gauges: Short introductory to statistics of measurements (error-bars, Chi squared test), Liquid manometers (McLeod), Piston gauge, Capacitance Gauge.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i> , <i>Theoretische Physik 1–2</i>				

Modul: VVAKP2	Vakuumphysik II (Vacuum Physics II)				
Ziele:	Methoden zur Analyse der Restgasverteilung werden vermittelt. Oberflächenprozesse allgemein sowie speziell Strahl-Wand-Wechselwirkungen bei intensiven Teilchenstrahlen werden vorgestellt. Die Vorlesung ist für alle Themengebiete hilfreich, die mit Vakuumerzeugung verknüpft sind und ergänzend zum ersten Teil. Bei vielen Bachelor- und Masterarbeiten in der experimentellen Physik werden die hier vermittelten Kenntnisse angewandt. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Vakuumphysik II (Vacuum Physics II)		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Vakuumphysik II (Vacuum Physics II)				
Inhalt:	Introduction of Kinetic theory of gases: Pressure and Temperature. Viscosity Gauges: Kinematic model of viscosity, Momentum transport, Effect of Boundary. Spinning Rotor Gauge. Thermal conductivity Gauges: Kinetic model of heat conductivity in gases, Effect of Boundary. Heat flux in a cylinder. Energy loss mechanisms (by radiation, by conduction, by gas transport). Pirani Gauge. Ionization Gauges: Hot Cathode Gauge, Bayard- Alpert Gauge. Cold Cathode Gauge: Penning Gauge. Inverted Magnetron Gauge. Partial Pressure Analysis: Quadrupole Mass Spectrometer, Magnetic Sector Analyzer, Time of Flight Mass Analyzer, Trochoidal Mass Analyzer, Omegatron. Leak Detection. Gas-Surface interactions and Diffusion: Adsorption, Absorption, Outgassing. Pressure Profile: equation of pressure evolution (x,t) and application to Accelerators. Beam collimation and Vacuum pressure. Vacuum instability.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i> , <i>Theoretische Physik 1–2</i>				

Modul: VETRT	Experimentelle Tests der Relativitätstheorie (Experiments tests of the Relativity Theory)				
Ziele:	Die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie haben das physikalische Weltbild entscheidend verändert. In diesem Modul wird die empirische Basis beider Theorien kritisch behandelt, um den Studierenden eine kompetente Beurteilung und überzeugende Vertretung dieser Theorien gegenüber Nichtphysikern zu ermöglichen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimentelle Tests der Relativitätstheorie (Experiments tests of the Relativity Theory)		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Experimentelle Tests der Relativitätstheorie (Experiments tests of the Relativity Theory)				
Inhalt:	Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie, Experimente zur speziellen Relativitätstheorie, Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, Experimente zur allgemeinen Relativitätstheorie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1a</i> , <i>Theoretische Physik 1–2</i>				

Modul: VEXNUAS	Experimente zur nuklearen Astrophysik (Experiments for nuclear astrophysics)				
Ziele:	In diesem Modul werden spezielle experimentelle Techniken der Kernphysik, die für Prozesse der nuklearen Astrophysik wichtig sind, detailliert vorgestellt, so dass die Studierenden befähigt werden, an experimentellen Programmen in dieser Richtung teilzunehmen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Experimente zur nuklearen Astrophysik (Experiments for nuclear astrophysics)		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Experimente zur nuklearen Astrophysik (Experiments for nuclear astrophysics)				
Inhalt:	Messung von Reaktionen mit geladenen Teilchen, Messung von photoneninduzierten Reaktionen, Messung von neutroneninduzierten Reaktionen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Einführung in die Astronomie 1–2</i> , <i>Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen</i>				

Modul: VENGW	Physik der Energiegewinnung (Physics of Energy Production)				
Ziele:	Das Modul behandelt die physikalischen Grundlagen der Energieumwandlung im Hinblick auf die Energieversorgung. Neben sozioökonomischen und historischen Zusammenhängen lernen die Studierenden wichtige Grundbegriffe der Energieversorgung wie Wirkungsgrad, Energieerntefaktor, Energierücklaufzeit und Globalbilanz kennen. Der Schwerpunkt der Vorlesung liegt auf der Beschreibung der Grundlagen der verschiedenen Energiequellen (fossil, regenerativ, nuklear) mit ihren jeweiligen Potentialen und Grenzen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Physik der Energiegewinnung		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Physik der Energiegewinnung				
Inhalt:	Sozioökonomische Zusammenhänge hinsichtlich Energieverbrauch, Wirtschaftsleistung usw., historische Entwicklung des Energieverbrauchs, Energie als physikalische Größe, Energieerntefaktor, fossile Energieträger (Entstehung, Vorkommen, Abbau), Treibhauseffekt, Kreisprozesse und Wärmekraftmaschinen (Motoren, Turbinen), Kraft-Wärme-Kopplung, Regenerative Energieformen (Photovoltaik, Photothermik, Wind, Wasser, Biomasse, Geothermik), Kernspaltung (Grundlagen, Reaktortypen, Neutronenbilanz, Aufarbeitung), Transmutation, Fusion, Risikobegriff, Speicherung von Energie, Transport von Energie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VENTE	Energietechnik (Physics of Energy Management)				
Ziele:	Studierende werden mit Berechnungsmethoden und Konzepten zur Auslegung von thermodynamischen Prozessführungen und Anlagen vertraut gemacht.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an Vorlesung und Übungen				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Energietechnik		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Energietechnik				
Inhalt:	Stationäre/instationäre Systeme, Euler-Lagrange-Transformation, Primär- und Sekundärenergieträger, Bilanzräume, techn. und chemische Thermodynamik, technische Kreisprozesse, Wärmepumpen und Kältemaschinen, Tieftemperaturprozesse, Elektrolyse und Brennstoffzellen, Transportvorgänge, Extremalprinzipien, Überschallströmungen, Energiespeicher, Brennstoffe, Pi - Theorem und Ähnlichkeit, Optimierung technischer Systeme.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Module ExA, ExB, TheoA, TheoB				

Modul: VPLAHER1	Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor I (High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory I)				
Ziele:	Das Modul soll die Grundlagen für die Erzeugung von Plasmen hoher Energiedichte vermitteln. Es werden moderne experimentelle Techniken vorgestellt, die Vorlesung ist eng verbunden mit der aktuellen Forschung, insbesondere mit laufenden Experimenten an der GSI und anderen Großforschungseinrichtungen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor				
Inhalt:	Grundlagen Plasmaphysik, hydrodynamische Gleichungen, Erzeugung und Eigenschaften von Plasmen hoher Energiedichte, Anwendung in Planetenmodellen, Erzeugung im Labor (Schockwellen, Röntgen- und Teilchenstrahlen), Laser-erzeugte Plasmen, Hochenergielaser, Inertialfusion				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3</i> , Grundlagen der Atomphysik				

Modul: VPLAHER2	Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II (High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory II)				
Ziele:	Das Modul soll weiterführende Grundlagen für die Erzeugung von Plasmen hoher Energiedichte vermitteln. Es werden moderne experimentelle Techniken vorgestellt, die Vorlesung ist eng verbunden mit der aktuellen Forschung, insbesondere mit laufenden Experimenten an der GSI und anderen Großforschungseinrichtungen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II		V2 + Ü1	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II				
Inhalt:	Strahlungsmechanismen, Diagnostiken, technische und astrophysikalische Anwendungen. Verschiedene Strahlungsmechanismen. Elementare Prozesse in Plasma. Röntgen-Spektren aus Plasmen - Informationsquelle über Plasmeneigenschaften. Methoden und Techniken von Röntgendiagnostiken. Anwendungen für Lasererzeugten Plasmen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-3</i> , Grundlagen der Atomphysik				

Modul:	VPTW	Physik technischer Werkstoffe (Physics of Engineering Materials)			
Ziele:	Experimentell arbeitende Physiker setzen sowohl im Studium (Bachelor/Master-Arbeit) als auch später im Beruf technische Werkstoffe ein. In der Vorlesung werden die physikalischen Grundlagen (Funktionsprinzip, Herstellung, Anwendungsbeispiele) ausgewählter Funktionsmaterialien besprochen. Die Studierenden erwerben durch den Besuch der Vorlesung die Kompetenz, Werkstoffe zielführend einzusetzen.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 1 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Physik technischer Werkstoffe		V1.4	2	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Physik technischer Werkstoffe				
Inhalt:	Supraleiter (klassische SL und Hoch-Tc-Systeme), Magnetische Werkstoffe (weichmagn. Materialien, metallische Gläser, hartmagnet. Werkstoffe), Legierungen mit Formgedächtnis (Austenit-Martensit Umwandlung, 1- und 2-Weg Memory, Herstellung, Anwendung), Thermoelektrische Materialien (Clathrate, Aufbrechen des Wiedemann-Franz-Gesetzes, Thermokraft, Optimierung und Anwendung), Piezoelektrische Systeme (Ursache für Piezoelektrizität, Herstellung, Anwendung), Quasikristalle (Struktur, Herstellung, Anwendung), Flüssigkristalle (Struktur, Typen, Eigenschaften, Anwendung), Hochtemperaturwerkstoffe				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–3,4b, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul:	VMALE	Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik (Machine Learning and its Applications to Pattern Recognition, Artificial Intelligence and Search Engines)			
Ziele:	Im Mittelpunkt der Veranstaltung werden trainierte Maschinenlern-Verfahren (supervised learning) stehen und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis, samt der sich hierbei ergebenden praktischen Probleme. Die Anwendungsbeispiele werden in Absprache mit den Teilnehmer aus den Bereichen Mustererkennung, künstliche Intelligenz/Software-Agenten, Textklassifikation und Suchmaschinen-Technik gewählt.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik				
Inhalt:	Grundbegriffe der Informationstheorie und der Wahrscheinlichkeitstheorie, Bayes-Methoden und statistisches Schließen, Einführung in die grundlegenden Fragestellungen beim Maschinenlernen, Modellwahl, -anpassung und -validierung, lineare Klassifikationsmethoden, nicht-parametrische Techniken (k-nächste Nachbarn), naive Bayes-Klassifikation und Erweiterungen, Bayes-Netze, Entscheidungsbäume, Ensemble-Lerner (Bagging und Boosting), (randomisierte) Entscheidungswälder, Support-Vektor-Maschinen, neuronale Netze.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Differential- und Integralrechnung, Grundkenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung/Statistik				

Modul:	VBISD	Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik (Accelerator instrumentation and beam diagnostics)				
Ziele:	Die grundlegenden Verfahren zur Diagnose von Ionen- und Elektronenstrahlen werden in der Vorlesung diskutiert. Das Ziel ist, die physikalischen Grundlagen zu verstehen, um die Methoden bei Beschleunigern anzuwenden bzw. Messergebnisse richtig zu interpretieren. Weiterhin werden Grundlagen der Messtechnik dargestellt, um eine adäquate Auslegung der Diagnosegeräte zu ermöglichen.					
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 1 CP		
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine					
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung					
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)					
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet					
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik					
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik					
Lehrveranstaltungen des Moduls			Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik			V1 + Ü0.5	2	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik					
Inhalt:	Aufgaben der Strahldiagnostik an Beschleunigern, Messgeräte zur Strahlstrom-Messung, Verfahren der transversalen Profilmessung, Methoden der Emittanzbestimmung, Physik und Technik der Beam Position Monitore, Messung longitudinaler Strahlparameter, Strahlverlust- Detektion					
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1?-4</i> , Grundlagen der Beschleunigerphysik					

4.7 Biophysik

Modul: VBIOMOLDYN	(Bio-)molekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden (Biomolecular Dynamics — Measuring Methods and Applications from Femtoseconds to Seconds)				
Ziele:	Die Studierenden erlangen einen Überblick über dynamische Prozesse in Molekülen mit Bedeutung für chemische Reaktionen, für die Funktion von biologischen Markomolekülen im Organismus und für Strukturbildung in kondensierter Materie. Die Bedeutung der Kopplung von Prozessen auf verschiedenen Zeitskalen (Femtosekunden bis Sekunden), sowie auf verschiedenen Längenskalen (Bruchteil einer Bindungslänge bis hin zum Durchmesser grosser Proteine) wird erarbeitet. Die Studierenden lernen aktuellste Methoden kennen, die die Messung von Moleküldynamik auf diesen unterschiedlichen Zeit- und Längenskalen ermöglichen. Die Studierenden können die Aussagekraft von Experimenten in der Fachliteratur richtig beurteilen. Die Studierenden können beurteilen welche Informationen über Moleküldynamik mit unterschiedlichen Methoden zugänglich sind und die Methode wählen, die für eine bestimmte Fragestellung geeignet ist. Die Studierenden können die Bedeutung von Moleküldynamik für unterschiedliche Phänomene (chemische Reaktionen, Proteinfunktion, Strukturbildung in kondensierter Materie) einschätzen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Biophysik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Chemie, MSc Chemie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Biomolekulare Dynamik		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Biomolekulare Dynamik				

Inhalt:	<p>Experimentelle Methoden werden vorgestellt aus den Bereichen: Ultrakurzzeitspektroskopie; nichtlineare Laserspektroskopie; Einzelmolekülspektroskopie; Einzelmolekülmikroskopie; Kraftmikroskopie; Optische Pinzetten; zeitaufgelöste NMR-Spektroskopie; Massenspektrometrie; zeitaufgelöste Röntgenbeugung, Kristallographie und Elektronenbeugung. Der Informationsgehalt der verschiedenen Experimente wird anhand wichtiger Beispiele erläutert. Diese umfassen unter anderem: Protonentransfer; Bruch und Bildung chemischer Bindungen; Katalysatoren; Bildung transienter Strukturen in Flüssigkeiten; Energietransfer in Molekülen; Proteinfaltung; Enzymfunktion; Photorezeptoren; Molekulare Motoren; Photosynthese.</p>
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine

Modul: VBCMETH	Biochemische Methoden in der Biophysik (Biochemical Methods in Biophysics)				
Ziele:	<p>Das Modul vermittelt häufig angewendete Methoden für die Herstellung und Modikation biologischer Proben, z.B. Proteinen, die biophysikalisch untersucht werden sollen. Die Kenntnis dieser Methoden ist in dreifacher Hinsicht wichtig:</p> <ul style="list-style-type: none">• für die Produktion eigener Proben• für die korrekte Behandlung und Kontrolle von Proben, die z.B. ein Kooperationspartner zur Verfügung stellt• für die Interpretation von Untersuchungsergebnissen, sowohl eigener als auch solchen aus der Literatur <p>In Übungsaufgaben wird das erworbene Wissen angewendet und vertieft.</p> <p>Die Studenten sollen befähigt werden, den Methodenteil und die Aussagekraft von Messungen in der Fachliteratur korrekt zu interpretieren sowie eigene Experimente sinnvoll zu planen.</p>				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Biophysik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Biochemische Methoden in der Biophysik		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Biochemische Methoden in der Biophysik				

Inhalt:	<p>Die vorgestellten Techniken beinhalten:</p> <ul style="list-style-type: none">• Methoden der Molekularbiologie (Identifikation und Isolierung von Genen, Sequenzierung, Synthese, Klonierung, Mutagenese, Expression von rekombinanten Genen)• Proteinchemische Methoden (lösliche Expression, Rückfaltung von denaturierten Proteinen, Besonderheiten bei Membranproteinen, chromatographische Trennverfahren, Pufferaustausch und Konzentrieren, Immobilisieren, Kristallisieren)• Analytische Methoden (Konzentrations- und Reinheitsbestimmung, Elektrophorese, Bestimmung von Bindungskonstanten und Aktivitäten)• Markierungstechniken (<i>Tags</i>, chemische Label, Isotopenlabel, künstliche Aminosäuren)• Biochemisch relevante Datenbanken und Software
Erforderliche Vorkenntnisse:	<p>Grundbegriffe der allg. und anorganischen Chemie (Begriffe: Stoffmenge, Konzentration, Reaktionsgeschwindigkeit und -gleichgewicht, pH-Wert; Funktionsweise von Puffern), Struktur von Nukleinsäuren und Proteinen, Grundlagen der elektronischen Spektroskopie (Absorptionskoeffizient, Lambert-Beer'sches Gesetz, Fluoreszenz) Grundkenntnisse der Biochemie (Stoffwechsel von Pro- und Eukaryoten) und der organischen Chemie (grundlegende Reaktionstypen) sind wünschenswert</p>

Modul: VBIO-ENERGIEWAND		Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung (Biophysical Foundations of Biological Energy Conversion)			
Ziele:		Die Studierenden lernen die wichtigsten biologischen Energiewandlungsprozesse kennen. Sie gehen von Grundlagen der chemischen Thermodynamik aus und erarbeiten sich die Mechanismen verschiedener Energiewandlungsprozesse an Membranen und in einzelnen zentralen Proteinen. Die Studierenden erwerben die Fähigkeiten, biologische Energiewandlungsprozesse aus der Sichtweise und mit den Denkmodellen des Physikers zu betrachten und zu beschreiben bzw. mit modernen physikalischen, chemischen oder biologischen Methoden zu untersuchen.			
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Biophysik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung				
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none">• Grundlagen der Thermodynamik für offene Systeme• Grundlagen der gewinnung chemischer Energie aus Spaltungsreaktionen• Grundlagen der Photosynthese• Strukturen, Funktion und Reaktionsmechanismen von ATPasen• Aufbau und Funktion der Atmungskette• Grundlagen von molekularen Motoren• Grundlagen der Biolumineszenz• Struktur, Funktion und Dynamik von Retinalproteinen				

Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen der chemischen Thermodynamik, beispielsweise aus der Vorlesung Physikalische Chemie I, sowie Grundlagen des Aufbaus biologischer Makromoleküle, beispielsweise aus den Vorlesungen Biophysik I und Biochemie
------------------------------	---

Modul: VINFRAROT	Infrarotspektroskopie an Biomolekülen (Infrared Spectroscopy of Biomolecules)				
Ziele:	Ziel der Vorlesung ist das Verständnis für die Grundlagen der modernen Infrarotspektroskopie und ihre Anwendungen in den Biowissenschaften und den Lebenswissenschaften. Die Studierenden werden in die Lage versetzt, auch komplexe Schwingungsspektren von Biopolymeren zu verstehen und zur Lösung von Fragen nach Struktur, Funktion und Dynamik von Biopolymeren zu interpretieren				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 0.5 CP		Selbststudium: 1.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Biophysik				
Verwendbarkeit:	BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Infrarotspektroskopie an Biomolekülen		V1	2	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Infrarotspektroskopie an Biomolekülen				
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none">• theoretische Grundlagen der Infrarotspektroskopie• praktische Ausführung der modernen Infrarotspektroskopie• Probenformen für die Infrarotspektroskopie• experimentelle und theoretische Zuordnung von Infrarotsignalen• Beispiele für die Infrarotspektroskopie in den Lebenswissenschaften oder in der Biotechnologie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen des Aufbaus und der Eigenschaften biologischer Moleküle, beispielsweise aus den Vorlesungen Biophysik I oder der Vorlesung Biophysik Nebenfach				

Modul: VSTRAH- LENUMWELT	Strahlen- und Umweltbiophysik (Radiation and Environmental Biophysics)				
Ziele:	Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung der Grundlagen der Wechselwirkung ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung mit Materie und die Bewertung von Risiken aus diesen Wechselwirkungen. Die Studierenden lernen die sachliche Bewertung der potentiellen Risiken ionisierender und nicht-ionisierender Strahlung auf der physikalischen Grundlage der Wechselwirkung von Strahlung mit Materie. Mit diesen Grundlagen werden sie beispielsweise in die Lage versetzt, im sozialen Spannungsfeld zwischen Hochtechnologien und der verbreiteten naiven Technikfeindlichkeit kompetent und sachlich begründet Stellung zu beziehen und Bewertungen abzugeben.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 0.5 CP	Selbststudium: 1.5 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Biophysik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Biophysik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Strahlen- und Umweltbiophysik		V1	2	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Strahlen- und Umweltbiophysik				
Inhalt:	<ul style="list-style-type: none">• Grundlagen der Wechselwirkung ionisierender und nichtionisierender Strahlung mit Materie;• Grundbegriffe von Dosis, Dosimetrie• gesetzliche Grundlagen des Strahlenschutzes• Anwendungen von Teilchenstrahlung und elektromagnetischer Strahlung in der Medizin• natürliche und künstliche Radioaktivität• nicht-ionisierende Strahlung				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen des Atommodells und des Aufbaus der Atomkerne, beispielsweise aus der Vorlesung Experimentalvorlesung 3 (Atome und Quanten)				

Modul:	VVIME	Visualisierungsmethoden in der Biologie und Medizin (Visualisation in Biology and Medicine)			
Ziele:	The aim of the lecture is to teach a wide spectrum of modern imaging techniques, as being used in cutting-edge research an industry. Imaging methods are indispensable in diagnosis, analysis and investigation of a large variety of samples across the resolution scale, starting from molecules to single cells to complete organisms. The aim of the accompying practical course is to train the students in modern programming higher-level languages (e.g. MATLAB), and teach them modern software development.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 2 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Visualisierungsmethoden in der Biologie und Medizin		V2+Ü2	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Visualisierungsmethoden in der Biologie und Medizin				

Inhalt:	<p>Modern research and development in biology and medicine can only be performed through the merging of different biophysical methods. Here we offer a lecture, which comprehensively addresses all the basic imaging techniques, and explains their physical and mathematical background in detail. We give a comprehensive introduction to all basic imaging techniques, starting from medical tomography, to conventional light microscopy, to fluorescence light microscopy, transmission electron microscopy as well as x-ray crystallography. At the end of this lecture the students should be able to understand the areas of application for the above-mentioned techniques, their similarities and differences. Furthermore, the students should be able to choose and combine the proper technique for their specific application, understand the preparation caveats and being able to independently design experiments in order to address various medical and biological questions.</p> <p>Accompanying to the lecture Visualisierungsmethoden in der Biologie und Medizin we run a practical course to train students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C/C++. Exercises for the following week are given to the students one week ahead. In the two hours of the practical course, the algorithms and results of the students are being discussed in detail with the tutors. The students are expected to have finished their homework by the following week, where the procedure is repeated again. In this way we maintain a stepwise increase in the complexity of the algorithms, and a great learning experience.</p> <p>We offer support both in terms of hardware and consulting throughout the week, such that all exercises are completed successfully.</p> <p>X-ray Crystallography, Electron Microscopy (Various applications), Light Microscopy (Various Applications), Medical Tomography, Fourier Transform, MATLAB programming, C/C++ programming</p>
Erforderliche Vorkenntnisse:	Die Module VEX1A, VEX1B

Modul: VIMPRO	Bildverarbeitung (Image Processing)				
Ziele:	The aim of the lecture is to teach comprehensive image processing. With increasing computing power image processing methods use sophisticated algorithms to accomplish a variety of tasks. Here we aim to teach several algorithms and ways of how to process multidimensional images. The aim of the practical course is to train the students in modern programming higher-level languages (e.g. MATLAB), and teach them modern software development.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 2 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Bildverarbeitung (Image Processing)		V2+Ü2	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Bildverarbeitung (Image Processing)				

Inhalt:	<p>Image processing is currently one of the most exciting fields of research and development. Modern imaging techniques used in medicine and biology are not possible without dedicated and highly specialized image processing algorithms and hardware. Meanwhile image processing is also essential in various fields such as social networks, intelligent car design and the 3D movie industry.</p> <p>Here we offer a lecture, which comprehensively addresses all the basic image processing algorithms, and provides the platform for designing of new and improved ones. We discuss the mathematical background as well as the implementation. Students have the possibility to train these skills in the practical course offered parallel to the lecture.</p> <p>Given the great expertise of the Goethe University in imaging techniques, the algorithms will be associated to modern imaging methods like medical tomography, fluorescence light microscopy and transmission electron microscopy.</p> <p>Accompanying to the lecture Bildverarbeitung we run a practical course to train students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C/C++.</p> <p>Exercises for the following week are given to the students one week ahead. In the two hours of the practical course, the algorithms and results of the students are being discussed in detail with the tutors. The students are expected to have finished their homework by the following week, where the procedure is repeated again. In this way we maintain a stepwise increase in the complexity of the algorithms, and a great learning experience.</p> <p>We offer support both in terms of hardware and consulting throughout the week, such that all exercises are completed successfully.</p>
Erforderliche Vorkenntnisse:	Die Module VEX1A, VEX1B

Modul: VANGELEK	Angewandte Elektronik (Applied Electronics)				
Ziele:	Das Modul vermittelt auf verschiedenen Teilgebieten die praktischen Grundlagen elektronischer Schaltungen, u.a. anhand von praxisnahen Beispielproblemen. Dabei sollen die wichtigsten Baugruppen aus der analogen und digitalen Elektronik betrachtet werden. Die Studierenden werden sowohl dazu befähigt, Schaltpläne zu lesen als auch eigene Schaltungen zu entwickeln und aufzubauen. Ziel ist die Anwendbarkeit der Kenntnisse auf typische Probleme im Laboralltag, wie die Spannungsversorgung unterschiedlichster Komponenten oder die Verarbeitung von Signalen. Dazu soll ein umfangreicher Überblick über verfügbare Bauteile, deren Auswahl und dem praktischen Einsatz gegeben werden.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Angewandte Elektronik		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Angewandte Elektronik				
Inhalt:	Schaltpläne, Schaltkreisdimensionierung, Schaltungsaufbau, Bauteilauswahl, Spannungsversorgungen, Halbleiterschaltungen, Signalverarbeitung, Filter, MSR-Anwendungen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundbegriffe der Elektrizitätslehre und Elektrodynamik (Elektrisches Potenzial, Spannung, Strom, Widerstand, Leistung, elektrische Netzwerke, Kondensator, Spule, Induktion, Wechselspannung, Impedanz). Grundbegriffe der Atom- und Quantenphysik (Atomaufbau, Valenzelektronen, Absorption und Emission, Potenzialtöpfe). Grundkenntnisse der Halbleiterphysik (Leitungs- und Valenzband, Dotierung, pn-Übergänge) sind wünschenswert.				

5 Wahlpflichtmodule des Bachelor- und Masterstudiengangs: II) Unregelmäßig oder zweijährlich angebotene Module (mit Ausnahme des Bachelorstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*)

5.1 Fachgebietsübergreifende Veranstaltungen

Modul:	VCPSM	Computational Physics and Simulations in Matlab			
Ziele:	Im Rahmen des Tutoriums wird die Anwendung der vorgestellten Algorithmen auf konkrete physikalische Problemstellungen vermittelt. Dabei erlernen und verwenden die Studierenden die Programmierumgebung MATLAB, die auch bei geringen Vorkenntnissen effiziente Simulationen und Visualisierung ermöglicht.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 3.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfungim Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i> und von Studierenden des BSc Physik, die sich dieses Modul für das Pflichtmodul <i>Einführung in die Programmierung für Physiker (4 CP)</i> anrechnen lassen wollen: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i> und von Studierenden des BSc Physik, die sich dieses Modul für das Pflichtmodul <i>Programmierpraktikum für Physiker</i> anrechnen lassen wollen, sowie auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur, ggf. in Kombination mit einer Projektarbeit (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Computational Physics and Simulations in Matlab		V3 + Ü3	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Computational Physics and Simulations in Matlab				

Inhalt:	Programmieren und Visualisieren in Matlab, numerische Simulationen physikalischer Fragestellungen: Ableitung und Integration, Optimierung and Minimierung, gewöhnliche Differentialgleichungen, chaotische Dynamik, Fraktale, Zufallsbewegungen, Eigenwertprobleme, Matrixzerlegungen, partielle Differentialgleichungen, Perkolation, Monte-Carlo-Methoden, neuronale Netze.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen der Analysis und der linearen Algebra, sowie der Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–2</i> , insbesondere Newton- und Hamilton-Mechanik, Phasenraum, Wellengleichung.

Modul:	VCADS	Complex Adaptive Dynamical Systems			
Ziele:	The course aims to convey the basics of modern dynamical systems theory for complex systems. An overview of the most important concepts, phenomena and models is presented. The treatment of the models is performed step by step, all mathematical tools required are introduced and explained. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	zweijährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Complex Adaptive Dynamical Systems		V4 + Ü2	8	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Complex Adaptive Dynamical Systems				
Inhalt:	Foundations Graph Theory, Information Theory, Neural Networks, Bifurcation Theory, Game Theory, Branching Theory, Cognitive System Theory Models Small-World Network, Cellular Automata, Boolean Networks, Sandpile Model, Kuramoto Model, Quasispecies Model, Galton-Watson Process Phenomena Self-Organized Criticality, Deterministic Chaos, Stochastic Resonance and Escape, Synchronization, Dynamical Phase Transitions, Error Catastrophy, Small-World Phenomenon				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Einführende Vorlesungen in die Mathematik				

Modul: VNLDYN	Nonlinear Dynamics and Complex Systems				
Ziele:	Die Studierenden erwerben ein intuitives Grundverständnis nichtlinearer Phänomene. Sie erlernen den Einsatz des Computer Algebra Systems (CAS) MAPLE und machen sich an Hand konkreter Beispiele mit der Modellierung komplexer Systeme vertraut. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Nonlinear Dynamics and Complex Systems		V2 + Ü2	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Nonlinear Dynamics and Complex Systems				
Inhalt:	<div>1. introduction to the concepts of nonlinear science and the modeling of complex systems: competition phenomena, nonlinear oscillations, pattern formation (selforganization, fractal structures) chaos;</div> <div>2. mathematical background: topological analysis of ordinary differential equations, Poincare sections, nonlinear maps, chaos in hamiltonian systems;</div> <div>3. modeling of complex systems with cellular automata</div>				
Erforderliche Vorkenntnisse:	classical mechanics, analysis, ordinary differential equations, MAPLE (basics)				

Modul:	VIQMPT	Introduction to Quantum Many-Particle Theory			
Ziele:	<p>In this module students acquire a basic understanding of many-particle wave functions and operators, as well as of standard methods for studying the properties of many-particle systems. In particular, students become familiar with the fundamental differences between single- and many-particle system (Pauli and Coulomb correlation) and make first contact with alternatives to the Schrödinger equation for dealing with quantum systems. In the tutorial students learn to translate the general many-body formalism to specific systems and gain versatility in explicitly calculating many-body matrix elements and Green's functions.</p> <p>The course is fully self-contained and emphasizes the structural and formal aspects of many-particle theory, rather than particular many-body systems. It is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i> and does not require additional preparation. Explicit examples are drawn from electronic structure theory, the material is, however, also relevant for nuclear physics. The module prepares students for attending more advanced theory courses which then lead to research projects in this field.</p> <p>Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten. Sie wird in jedem Jahr angeboten, in dem die Lehrveranstaltung <i>Vielteilchenphysik</i> nicht angeboten wird.</p>				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Introduction to Quantum Many-Particle Theory		V2 + Ü2	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Introduction to Quantum Many-Particle Theory				
Inhalt:	many-particle states and operators; Hartree-Fock approximation, correlation (Part I); 2nd quantization, Fock space; pictures in quantum theory; linear response; Green's functions, equations of motion for Green's functions; perturbation theory; Dyson equations, irreducible functions; Hartree-Fock approximation, correlation (Part II), conserving approximations.				

Erforderliche Vorkenntnisse:	elementary quantum mechanics (single-particle wavefunctions, operators, Schrödinger equation, boundary conditions, spin, Coulomb interaction); basic elements of functional analysis (Hilbert space, complete and orthonormal basis sets)
---------------------------------	--

Modul: VSYMQM	Symmetrien in der Quantenmechanik (Symmetries in Quantum Mechanics)				
Ziele:	Dieses Modul vertieft die elementaren Kenntnisse der Behandlung von Symmetrien in der Quantenmechanik durch eingehenderen Bezug auf die Gruppentheorie. Die Studierenden erwerben die Kompetenz, Zustände nach ihren Symmetrieeigenschaften zu klassifizieren, den Zusammenhang mit Erhaltungsgrößen herauszuarbeiten, und damit die Anwendung von Symmetrien fr die praktische Behandlung von Problemen in vielen Gebieten der Physik zu meistern.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	erfolgreiche Mitarbeit in den Übungen				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Symmetrien in der Quantenmechanik		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Symmetrien in der Quantenmechanik				
Inhalt:	Symmetrien und Erhaltungsgrößen. Diskrete und kontinuierliche Symmetrien. Grundlagen der Gruppentheorie, Darstellungen. Lie-Algebren und -Gruppen. Beispiele: SO(3), SU(2) und SU(3). Konstruktion der Darstellungen. Darstellungen von diskreten Symmetriegruppen. Permutationsgruppen und Young-Tableaus.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen der Quantenmechanik				

5.2 Astrophysik und Kosmologie

Modul: VEXTRA	Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme (Structure and Dynamics of Extragalactic Systems)				
Ziele:	Dieses Modul führt in die Beobachtungen und die theoretische Beschreibung der Materie im Universum jenseits unserer eigenen Galaxis ein, d.h. extragalaktische Galaxien, Galaxienhaufen und intergalaktische Materie. Zusammen mit den Modulen VGALAX und VSTERN erhalten die Studierenden einen Überblick über die Astronomie auf mehreren Größenskalen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	alle 3 Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung, Hausarbeit oder Vortrag				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme		V2	3	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme				
Inhalt:	Innere Struktur und Physik extragalaktischer Systeme (Galaxien, Galaxienhaufen, Intergalaktische Materie) sowie ihre räumliche Verteilung und Dynamik. Großräumige Struktur und Entwicklung des Kosmos. Relevante Beobachtungen und Modelle.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Astronomie A</i>				

Modul: VGALAX	Struktur und Dynamik der Galaxis (Structure and Dynamics of the Galaxy)				
Ziele:	In diesem Modul soll der gegenwärtige Wissensstand über die Galaxis, in der unsere eigene Sonne liegt, vermittelt werden. Dazu gehören sowohl ein Überblick über die Beobachtungen als auch die Diskussion der wichtigsten theoretischen Modelle, die die Entwicklung und heutige Struktur der Galaxis beschreiben. Zusammen mit den Modulen VEXTRA und VSTERN erhalten die Studierenden einen Überblick über die Astronomie auf mehreren Größenskalen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	alle 3 Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung, Hausarbeit oder Vortrag				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Struktur und Dynamik der Galaxis		V2	3	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Struktur und Dynamik der Galaxis				
Inhalt:	Komponenten der Galaxis: Sterne, Sternhaufen, interstellare Materie, Magnetfelder, kosmische Strahlung, räumliche Verteilung, Kinematik und Dynamik, Interpretation von Beobachtungsdaten				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Astronomie A</i>				

Modul: VSTERN	Innere Struktur und Dynamik der Sterne (Inner Structure and Dynamics of Stars)				
Ziele:	In diesem Modul wird der gegenwärtige Stand der Kenntnis zum Aufbau und Entwicklung der Sterne behandelt. Dies erfordert die Diskussion der Beobachtungstatsachen, sowie die theoretischen Grundlagen für Modelle zur Entwicklung der Sterne, die grundlegende Kenntnisse aus mehreren Gebieten der Physik erfordern, so etwa Plasmaphysik, Hydrodynamik und Kernphysik. Zusammen mit den Modulen VEXTRA und VGALAX erhalten die Studierenden einen Überblick über die Astronomie auf mehreren Größenskalen.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	alle 3 Semester	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung, Hausarbeit oder Vortrag				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Innere Struktur und Dynamik der Sterne		V2	3	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Innere Struktur und Dynamik der Sterne				
Inhalt:	Grundprinzipien des Sternaufbaus, Zustandsgleichung, Energietransport, Energiequellen, Sterne auf der Hauptreihe, die Sonne, Nach-Hauptreihen-Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Pulsationen und Astroseismologie, Novae und Supernovae				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Astronomie A</i>				

Modul:	VAGN	AGN Physik (AGN physics)			
Ziele:	Observations of active galactic nuclei (AGN) are of wide astrophysical interest. The amount and efficiency of the energy release within the immediate neighbourhood of black holes belong to the most extreme physical processes observed to date. The most probable explanation for the huge amount of energy output (and for other observational parameters, such as the width of the optical emission lines and the strength of the radio emission) is given by the transformation of potential energy into radiation by accretion of matter onto a supermassive central black hole (Rees 1984). The velocities of the accreting matter reach values of about one third of the velocity of light, deduced by relativistically broadened line profiles (centred at about 6.4 keV), Tanaka 1995). The emission from the matter around the black hole may vary on very short time scales of only a few hundred seconds. The corresponding changes in luminosity reach values of about 10 ¹⁰ solar luminosities. All this is further suggestive for the presence of supermassive black holes. Energy production processes and radiation mechanisms for the innermost regions of AGN are an important research field in X-ray astronomy. Other astrophysical important aspects include the detection and study of binary black holes, expected to lead to strong gravitational wave emission and tidal disruption events of stars in the dense core around the central black holes. At larger distances from the black hole, the emission from optically thin plasma can be studied. Imprinted absorption and emission lines give information on the chemical composition of the gas and of infall and outflow velocities. The log N ? log S distribution of AGN and resulting luminosity functions allow to study the density and luminosity evolution of AGN in dependence of redshift. The first compact obscured objects in the universe can be best studied with X-rays. The lessons summarize the most recent observational and theoretical results in the study of Active Galactic Nuclei.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 0.5 CP		Selbststudium: 1.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
AGN physics		Blockv.	2	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	AGN physics				

Inhalt:	Signatures of AGN activity, AGN classification, relativistic effects around supermassive black holes, models for the extreme X-ray variability, Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies as the extreme of Seyfert activity, origin of the soft X-ray excess and the power law component, relativistic Fe K α studies, Accretion and Planck luminosity derivation, AGN unification through physical processes, gravitational wave physics, light bending and flux boosting effects, the standard accretion disc and deviations, advection dominated accretion flows and accretion above the Eddington limit, the efficiency limit, black hole growth, the light bending model in the Kerr black hole space time, X-ray periodicity and the Bardeen-Petterson effect, Comptonization effects, standard theory of General Relativity and its pseudo-complex extension.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Physik

Modul:	VDIST	Verteilungsfunktionen in der Astrophysik (AGN distribution functions)			
Ziele:	In diesem Modul lernen die Studierenden die wesentlichen Verteilungsfunktionen für Teilchen und Photonen im astrophysikalischen Kontext kennen. Die Gültigkeit und die mathematische Ableitung der einzelnen Verteilungsfunktion wird ausführlich diskutiert. Zusätzlich wird die Rolle der Abweichungen vom thermischen Gleichgewicht im Zusammenhang mit Lösungen der Transportgleichung diskutiert. Damit soll ein grundlegendes Verständnis der elektromagnetischen Strahlung im Universum und ihrer Wechselwirkung mit Materie vermittelt werden.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 0.5 CP		Selbststudium: 1.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
AGN distribution functions		Blockv.	2	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	AGN distribution functions				
Inhalt:	Definition thermodynamisches Gleichgewicht, Erläuterung der Verteilungsfunktion $dNp = (dgp)/(exp(-n + E/kT) \pm 1)$ und verständliche mathematische Ableitung der Maxwell-, Boltzmann, Saha-Verteilung und der Planckfunktion, anschauliche Beispiele für die Besetzungszahlen verschiedener Energiezustände für die Boltzmann- und Saha-Verteilung, Ableitung des Stefan-Boltzmann Gesetzes aus dem Planck'schen Strahlungsgesetz, Rayleigh-Jeans und Wien-Näherungen des Planck'schen Strahlungsgesetzes, Beispiele für Entartung in der Astrophysik, Unterschiede zwischen dem thermodynamischen Gleichgewicht und dem lokalen thermodynamischen Gleichgewicht, Erläuterung der Lösung der Strahlungstransportgleichung in der Astrophysik und verständliche mathematische Ableitung von vier grundlegenden elektromagnetischen spektralen Energieverteilungen in Abhängigkeit von Strahlungsintensität und der optischen Tiefe der Materie im Universum.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Physik				

Modul: VPLANSYS	Physik des Planetensystems (Physics of our planetary system)				
Ziele:	Das Modul liefert einen umfassenden Überblick über die Entstehung, die Dynamik und die Physik unseres Planetensystems. Die Entstehung von Sonnen und Planeten durch Verletzung des Virialsatzes wird anschaulich abgeleitet. Außerdem wird die historische Entwicklung unserer Vorstellungen vom Planetensystem vorgestellt und einige weitere astrophysikalische Aspekte seiner Dynamik diskutiert.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 0.5 CP		Selbststudium: 1.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Physik des Planetensystems		Blockv.	2	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Physik des Planetensystems				
Inhalt:	Stern- und Planetenentstehung, die Frühphase des Planetensystems, Komponenten und Vermessung des Planetensystems, Dynamik des Planetensystems, Ableitung der drei Kepler'schen Gesetze und astrophysikalisch relevante Anwendungen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Physik				

Modul: VSTRAMA	Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie (Radiation and matter in astrophysics)				
Ziele:	Dieses Modul behandelt die Physik der Entstehung von Strahlung und ihrer Wechselwirkung mit Materie im Universum. Dabei werden die wichtigsten Emissions- und Absorptionsprozesse, der Transport von Strahlung und die thermodynamischen Grundlagen eingeführt.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 0.5 CP		Selbststudium: 1.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie		Blockv.	2	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie				
Inhalt:	Beschreibung elektromagnetischer Strahlung, atomare Strahlungsprozesse, Streuprozesse in der Astrophysik, Absorption von Strahlung und Materie, Strahlungstransportgleichung und deren Lösung, Thermodynamisches Gleichgewicht und Strahlung, astronomische Helligkeits- und Farbsysteme.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse der Physik				

5.3 Kern- und Elementarteilchenphysik

Modul:	VLGT	Gittereichtheorie (Lattice gauge theory)			
Ziele:	Übergang von der analytisch-perturbativen zur numerisch-nichtperturbativen Auswertung von Quantenfeldtheorien, insbesondere am Beispiel der starken Wechselwirkungen. Neben theoretischen Kenntnissen Erwerb von praktischem Wissen und Programmierkenntnissen durch computerorientierte Übungen.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Gittereichtheorie (Lattice gauge theory)		V2 + Ü1	4	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Gittereichtheorie (Lattice gauge theory)				
Inhalt:	Gitterdiskretisierung von skalaren Feldern, fermionischen Feldern und Eichfeldern; Kontinuumslimes; grundlegende Monte-Carlo-Simulationsalgorithmen (Metropolis, Heatbath, HMC); Berechnung typischer QCD-Observablen (Wilson-Loops und das statische Quark-Antiquark-Potential, Hadronmassen, Zerfallskonstanten); Hopping-Parameter-Expansion; Gitterstörungstheorie; Verbesserung von Gitterwirkungen und -operatoren.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Siehe VQFT1 und VQFT2 sowie Pfadintegrale, Theorie der starken Wechselwirkungen (QCD), elementare Programmierkenntnisse.				

Modul: VHYDRO	Hydrodynamik und Transporttheorie (Hydrodynamics and Transport Theory)				
Ziele:	Das Modul vermittelt die Grundkonzepte der klassischen Strömungsmechanik als nichtlinearer Feldtheorie. Die Studierenden lernen die Grundgleichungen kennen und erwerben die Kompetenz, das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen unter verschiedenen Bedingungen zu beurteilen und in typische Lösungsklassen einzuordnen. In der Transporttheorie wird die fundamentale Einsicht vermittelt, wie aus einer reversiblen mikroskopischen Physik irreversibles makroskopisches Verhalten etwa in der Boltzmann-Gleichung entstehen kann und die Kompetenz erlangt, lokales und globales Gleichgewicht sowie Nichtgleichgewichtsprozesse zu erkennen.				
Credit Points:	5	Präsenzstudium: 1.5 CP	Selbststudium: 3.5 CP		
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS oder SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Hydrodynamics and Transport Theory		V3	5	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Hydrodynamics and Transport Theory				
Inhalt:	single-particle phase space distribution functions; Boltzmann equation; free streaming; collisions; motion in an external field; self-consistent dynamics of particles and fields; molecular dynamics and correlations; continuum limit: Euler and Navier-Stokes hydrodynamics.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	klassische Mechanik, Vektoranalysis				

Modul:	VTQFT	Thermische Quantenfeldtheorie (Thermal quantum field theory)			
Ziele:	Ziel des Moduls ist eine Einführung der theoretischen Konzepte zur Beschreibung von thermischen Effekten in der Quantenfeldtheorie. Der Formalismus der Quantenfeldtheorie ist die fundamentale Grundlage der modernen Elementarteilchenphysik. Im Standardmodell werden die wesentlichen Elementarteilchen und Wechselwirkungen zusammengefaßt. Diese Beschreibung wird in einer um die Temperatur erweiterten Version eingeführt. Die theoretischen Konzepte werden im ersten Teil anhand von einfachen Modellen explizit hergeleitet. Im zweiten Teil werden wesentliche Ergebnisse und Beschreibungen, die fr die experimentellen Beobachtungen relevant sind vorgestellt. Eine Vertiefung einzelner Aspekte erfolgt in weiterführenden Vorlesungen, wie zum Beispiel Gitter-Quantenfeldtheorie.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Thermische Quantenfeldtheorie		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Thermische Quantenfeldtheorie				
Inhalt:	Pfadintegral und thermische Zustandssumme „imaginary-time“ Formalismus Störungstheorie, Feynmandiagramme und Temperatur Dirac-Felder und Eichfelder bei endlichen Temperaturen „real-time“ Formalismus Resummation und Grenzen der Störungstheorie Linear Response Anwendungen im Standardmodell (QED, QCD) Phasenübergänge				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Quantentheorie I, Theoretische Physik 5, wünschenswert: Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik				

5.4 Festkörperphysik

Modul: VEXGMAG	Magnetismus - Grundlagen, Methoden, Materialien (Magnetism: Origin, Methods, Materials)				
Ziele:	In diesem Modul werden, ausgehend von Grundlagen der Atom- und Festkörperphysik (wie Elektronen, Schalenmodell des Atoms, Pauli-Prinzip, Kristallgitter), Grundbegriffe des Magnetismus (wie u. A. magnetische Eigenschaften isolierter Atome/Ionen und elektrostatische Wechselwirkungen als Ursache magnetischer Ordnung) entwickelt. Es werden wichtige Konzepte zur Beschreibung grundlegender magnetischer Phänomene vorgestellt und an einigen Beispielen konkretisiert. Die Vorlesung gibt einen Überblick über relevante Experimentiertechniken zur Bestimmung magnetischer Eigenschaften und stellt Bezüge zur aktuellen Grundlagenforschung her. Das Modul ist als Basisveranstaltung gedacht und richtet sich an ein breites Publikum.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Magnetismus - Grundlagen, Methoden, Materialien		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Magnetismus - Grundlagen, Methoden, Materialien				
Inhalt:	Magnetostatik, Magnetismus lokalisierter Elektronen, Ferromagnetismus und Austauschwechselwirkung, Antiferromagnetismus, moderne Messmethoden, magnetische Materialien aus der Anwendung und aktuellen Forschung.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VEXTMAG	Magnetismus — Technologie (Magnetism — Technology)				
Ziele:	In diesem Modul werden die Studierenden mit einigen zentralen Grundbegriffen und Phänomenen des Magnetismus vertraut gemacht, die insbesondere für das Verständnis von praktischen Anwendungen magnetischer Materialien in der Technik notwendig sind. Die Vorlesung gibt einen Überblick über aktuelle Technologien und Anwendungsfelder des Magnetismus. Das Modul ist für ein breites Publikum konzipiert und baut auf einigen, wenigen elementaren Grundbegriffen der Festkörperphysik (wie Gitterstruktur, freie und lokalisierte Elektronen, Elektronenspin) auf.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SoSe		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Meteorologie, MSc Meteorologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Magnetismus - Technologie		V2	3	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Magnetismus - Technologie				
Inhalt:	Auswahl aus folgenden Inhalten: Grundlagen und Anwendungen des Mikromagnetismus, Symmetriebetrachtungen, Beiträge zur magnetischen Anisotropie, Ferromagnetische Domänen, exotische Magnetisierungszustände, Magnetismus in dünnen Schichten und Nanopartikeln, Methoden zur Abbildung der Magnetisierung. Anwendungen: Magnetische Speichertechnik, Elemente der Spintronik (?Spintronics?), magnetoresistive Sensoren.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4, Anfängerpraktikum 1–2</i>				

Modul: VSTATP	Statistische Physik und kritische Phänomene (Statistical Physics and Critical Phenomena)				
Ziele:	Aufbauend auf den Grundvorlesungen über Theoretische Physik vermittelt das Modul vertiefende Kenntnisse über Phasenübergänge. Am Ende des Moduls können die Studierenden zur Beschreibung von kritischen Phänomenen geeignete Modelle heranziehen und das Konzept der Universalität auf kritische Phänomene in allen Bereichen der Physik anwenden.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Statistische Physik und kritische Phänomene		V3 + Ü1	6	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Statistische Physik und kritische Phänomene				
Inhalt:	<div>1. Phasenübergänge und kritische Phänomene, Ginzburg-Landau-Theorie für Phasenübergänge</div> <div>2. Ising-Modell und andere einfache Spinmodelle</div> <div>3. Renormierungsgruppe</div> <div>4. Monte-Carlo-Methoden</div>				
Erforderliche Vorkenntnisse:	siehe VQFT1 und VQFT2				

Modul: VTHSUP	Theorie der Supraleitung (Theory of Superconductivity)				
Ziele:	Das Modul vermittelt einen Überblick über die phänomenologische und mikroskopische theoretische Beschreibung von BCS-Supraleitern.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP		Selbststudium: 2.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theorie der Supraleitung		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Theorie der Supraleitung				
Inhalt:	Grundlegende Experimente der Supraleitung, supraleitende Materialien, Thermodynamik und London-Gleichung, Ginsburg-Landau-Theorie, Supraleiter 1. und 2. Art, magnetische Eigenschaften, Fröhlich-Hamiltonian, BCS-Modell, Cooper-Paare, Grundzustand und Thermodynamik von BCS-Supraleitern, Meißner-Effekt, Josephson-Effekt.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–5</i>				

Modul:	VDF	Density Functional Theory			
Ziele:	In this module students are trained for doing research in the field of computational electronic structure theory. Both the complete theoretical background of one of the standard methods in this field, density functional theory, and more practical aspects are covered. In particular, students learn to distinguish the various aspects of electron correlation. Prototype results from a variety of fields illustrate the merits and limitations of density functional theory. As a result of this course, students understand the significance and implications of various approximations and are able to operate standard density functional codes. Students are ready for pursuing a bachelor's or master's project in this field. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	5	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	zweijährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Density Functional Theory		V3	5	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Density Functional Theory				
Inhalt:	Hohenberg-Kohn theorem, interacting v -representability, spin/current-density functional theory, Kohn-Sham equations, noninteracting v -representability, exact exchange, virial theorems, adiabatic connection, local density approximation (LDA), (meta) generalized gradient approximation, LDA+ U , orbital-dependent functionals, relativistic density functional theory (optionally: time-dependent density functional theory)				
Erforderliche Vorkenntnisse:	required knowledge: basic elements of many-particle quantum mechanics (wavefunctions, operators, Schrödinger equation, Coulomb interaction, Hartree-Fock approximation, 2nd quantization, field operators); recommended knowledge: basic elements of Green's function approach to many-particle systems (1-particle propagator, response functions, Dyson equation, irreducible functions, Feynman diagrams); (semi)relativistic quantum mechanics (Pauli equation, Dirac equation) recommended for preparation: course <i>Introduction to Quantum Many-Particle Theory</i>				

Modul:	VQMD	Quantum Molecular Dynamics			
Ziele:	<p>This module provides the bridge between the electronic structure of atoms, familiar to students from the standard theory course(s) on quantum mechanics, and the electronic structure of molecules and solids. The course addresses both the fundamental physics involved as well as the theoretical concepts and computational techniques required for efficiently dealing with such systems. Students become familiar with the relevant lengths, time and energy scales, with the notion of hybridization and delocalization of states, and with the Born-Oppenheimer surface. In particular, students make first contact with “counterintuitive” approaches, such as the pseudopotential approximation or the simulation of the Schrödinger equation by another differential equation. They learn about the interplay between the equations of motion and discretization. In this way students are trained to think more creatively about the representation of physics in terms of equations. The course is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i>. It is highly self-contained, preparation of students by attending additional courses e.g. in condensed matter theory is not required. The module prepares students for pursuing bachelor’s or master’s projects in computational electronic structure theory. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.</p>				
Credit Points:	5	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	zweijährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">• im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung• im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Quantum Molecular Dynamics		V3	5	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Quantum Molecular Dynamics				

Inhalt:	Born-Oppenheimer approximation; density functional theory (Hohenberg-Kohn theorem, Kohn-Sham equations, local density approximation, generalized gradient approximation, time-dependent density functional theory); Born- Oppenheimer versus Car-Parrinello dynamics; iterative diagonalization; optimization techniques (steepest descent, conjugate gradient dynamics, variable metric method); global energy minimization (Metropolis algorithm, Markov chains, dynamical simulated annealing); pseudopotentials; quantum molecular dynamics for periodic systems; Kleinman-Bylander transformation; supercell concept
Erforderliche Vorkenntnisse:	basic understanding of (a) classical electrodynamics (Coulomb forces, multipole expansion); (b) quantum mechanics of many-electron systems (wavefunctions, Schrödinger equation, spin, Pauli principle, 2nd quantization); (c) atomic physics (electronic structure, energetics)

Modul: VQMPT	Vielteilchenphysik (Many-body physics)				
Ziele:	Die Studierenden lernen die grundlegenden Methoden der Vielteilchen-Theorie, um eigenständig auf dem Gebiet der Vielteilchenphysik arbeiten zu können.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Vielteilchenphysik (Many-body physics)		V4 + Ü2	8	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Vielteilchenphysik (Many-body physics)				
Inhalt:	Zweite Quantisierung, Vielteilchen-Modellsysteme, Greensche Funktionen, Diagrammatische Störungstheorie für $T = 0$ und $T > 0$, Random-Phase Approximation, Leiter-Näherung				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–5</i>				

Modul:	VCMSST	Computational Methods in Solid State Theory			
Ziele:	The aim of this lecture is to give an overview of computational methods that are important for the condensed matter theorist. The exercises are designed such that they are directly linked to problems of state of the art research. The lecture is intended as a link between theoretical lectures and the practical requirements of programming and computation in bachelor or master thesis work.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">• im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung• im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Computational Methods in Solid State Theory		V2 + Ü1	4	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Computational Methods in Solid State Theory				
Inhalt:	<p>The lecture will focus on methods that are suitable for solving problems in solid state theory. The students will apply these methods and as far as possible implement programs for them in the accompanying exercises. Possible topics are the application of density functional theory (DFT) to crystalline materials, the tight binding method, extraction of Hamiltonian parameters from DFT band structures. Approximate methods of solution for manybody Hamiltonians like mean field theory will be covered. Greens functions on real and imaginary frequency axes as well as methods of analytic continuation will be discussed in practical terms. Response functions will be calculated for example in random phase approximation. Part of the lecture can deal with dynamical mean field theory, a method that is approximate in finite dimension but has been increasingly successful over the last twenty years. The final part of the lecture can introduce numerically exact methods like exact diagonalization and quantum Monte Carlo. The lecture will be enriched by discussion of available software or libraries and methods of implementation.</p>				

Erforderliche Vorkenntnisse:	This course requires elementary programming skills, an understanding of quantum mechanics and solid state physics.
---------------------------------	--

Modul:	VBEK	Bose-Einstein Kondensate (Bose-Einstein condensates)			
Ziele:	Ausgehend von den Grundlagen der statistischen Physik lernen die Studierenden die Beschreibung quantenmechanischer Vielteilchensysteme am Beispiel der Bosonen. Die Bose-Einstein Kondensation erlaubt einen klaren Zugang zu wichtigen Konzepten wie Symmetriebrechung, kollektive Anregungen und Kohärenz. Es werden grundsätzliche Methoden vermittelt wie Störungstheorie, Variationstechnik sowie Bewegungsgleichungen des Kondensats. Experimente werden vorgestellt und Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1 CP		Selbststudium: 2 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Bose-Einstein Kondensate		V2	3	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Bose-Einstein Kondensate				
Inhalt:	Bose-Einstein Kondensat im idealen Bosegas Bose-Gase mit schwacher Wechselwirkung: Bogoliubov Theorie, Quasiteilchen Bose-Einstein Kondensation in der Falle Gross-Pitaevskii Gleichung Superfluidität, Erster und Zweiter Schall Vortices und Solitonen Niedrigdimensionale Bose Systeme: Kosterlitz-Thouless Tonks-Girardeau limit				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grosskanonisches und kanonisches Ensemble, quantenmechanische Zustandssummen. Elementare Kenntnisse zur 2.Quantisierung (Erzeuger/Vernichter) sind hilfreich aber nicht unbedingt erforderlich				

Modul: VTERASPEC	Einführung in die Terahertz-Spektroskopie (Introduction to Terahertz Spectroscopy)				
Ziele:	Introduction to the physics of electrons in solid-state materials on the milli-electronvolt energy scale (0.4 to 40 meV, corresponding to frequencies of 100 GHz to 10 THz), and their probing by time-domain terahertz spectroscopy. Elementary excitations of matter are discussed both with regard to their static and dynamical properties, and – where possible – implications for technical applications (such as data transmission and processing) are considered. The lecture bridges the gap between curricular solid-state physics courses and actual research. It may serve as preparation for bachelor- and master-level research work, or accompany doctoral and post- doctoral research. On the go, the skills in technical English are honed.				
Credit Points:	2	Präsenzstudium: 1 CP	Selbststudium: 1 CP		
Angebotsturnus:	Jedes zweite Jahr	Dauer: einsemestrig	Beginn: im SS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrens- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Terahertz Spectroscopy		V1	2	Pf	SS
Lehrveranstaltung:	Terahertz Spectroscopy				
Inhalt:	Optoelectronic generation and detection of THz pulses, spectroscopic quantities (refractive index, complex dielectric function, optical conductivity) and their extraction from THz transmission measurements, probing the high-frequency conductivity in semiconductors and nano-materials, fundamentals of the physics of charge carriers in semiconductors (effective mass, optical transitions, carrier transport in the band picture, carrier relaxation), optical-pump/THz-probe spectroscopy, Gunn effect; basics of superconductivity, high-frequency conductivity of superconductors, Cooperpair breaking and reformation, Rothwarf-Taylor model; semiconductor quantum-well structures, intra-subband transitions, semiconductor superlattices, Bloch oscillations, THz-emission spectroscopy; non-linear THz spectroscopy, phenomena at high THz fields/intensities for the example of graphene and semiconductors.				

Erforderliche Vorkenntnisse:	Basic physics as taught in the lectures <i>Experimentalphysik VEX1</i> to <i>VEX3</i> and in the <i>Anfängerpraktika</i> . Beyond that, basic knowledge of the band model of electrons in semiconductors, of the concept of phonons in the reciprocal lattice, and of superconductivity, all on the level as taught in the lecture <i>Experimentalphysik 4b: Festkörper</i> .
---------------------------------	---

5.5 Laser-, Plasma- und Atomphysik sowie Quantenoptik

Modul:	VUKQG	Ultrakalte Quantengase (Ultracold Quantum Gases)			
Ziele:	Ziel ist es, die Studierenden mit zentralen Themen der modernen Quantenphysik und ihren Anwendungen vertraut zu machen. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Ultrakalte Quantengase		V4 + Ü2	8	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Ultrakalte Quantengase				
Inhalt:	Suprafluidität und Bose-Kondensation, Theorie wechselwirkender Bosonen (Bogoliubov, Gross-Pitaevskii), Quantenstatistik und Hanbury-Brown-Twiss Experiment, optische Gitter, Mott-Übergang, Bloch-Oszillationen, fermionische Kondensate und BCS-Theorie, Grundlagen der Quanteninformationstheorie, Bell'sche Ungleichung und Quantenteleportation, Verschränkung und Entropie, Schumacher-Codierungstheorem, Quantencomputing mit ultrakalten Atomen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , insbesondere zentrale Konzepte der Quantenmechanik (Schrödinger-Gleichung, Hilbertraum, Observablen) und der statistischen Physik (Dichteoperator, Ensembles, Temperatur, Entropie).				

Modul:	VTHQO	Theoretische Quantenoptik (Theoretical Quantum Optics)			
Ziele:	Ziel ist es, die Studierenden mit diesen zentralen Themen der modernen Quantenphysik und ihren Anwendungen vertraut zu machen. Die Vorlesung ist daher auch interessant als Vorbereitung für eine spätere Master/Bachelor Arbeit auf diesem Gebiet.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 5.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS oder SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Quantenoptik		V4 + Ü2	8	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Theoretische Quantenoptik				
Inhalt:	Quantisierung und Kohärenzeigenschaften des elektromagnetischen Feldes, squeezed States, Phasenraumdarstellungen, Wigner-Funktion, Quantenmechanik offener Systeme, Lindblad- und Fokker-Planck-Gleichung, Quantum Markov-Prozesse, Dekohärenz und Theorie der Messung, Quanteninformationsverarbeitung mit quantenoptischen Systemen, Cavity QED, Theorie des Lasers, Lichtkräfte, ultrakalte Quantengase				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–4</i> , <i>Theoretische Physik 1–5</i> , insbesondere zentrale Konzepte der Quantenmechanik (Schrödinger-Gleichung, Hilbertraum, Observablen) und der statistischen Physik (Dichteoperator, Ensembles, Temperatur, Entropie).				

6 Zusätzliche Wahlpflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt *Physik der Informationstechnologie*

Außer dem aufgeführten Modul können alle Module des MSc Informatik gewählt werden.

Modul:	B-GL1	Theoretische Informatik 1 (Theoretical Informatics 1)			
Ziele:	<p>Wissen und Verstehen: Die Kenntnis fundamentaler Algorithmen; die Fähigkeit, den Prozess des Entwurfs und der Analyse von Algorithmen eigenständig durchführen zu können; sowie das Wissen um die Grenzen der (effizienten) Berechenbarkeit.</p> <p>Können: Neben des Wissensaneignung lernen die Studierenden, Entwurfsmethoden wie Divide & Conquer, dynamische Programmierung und Greedy Algorithmen auf verschiedenste algorithmische Fragestellungen anzuwenden. Um die nichteffiziente Lösbarkeit algorithmischer Probleme einschätzen zu können, werden die Konzepte der NP-Vollständigkeit und der Entscheidbarkeit eingeübt (instrumentale Kompetenz). Die Kraft aber auch die prinzipiellen Grenzen algorithmischer Lösungsansätze werden ausgelotet: ähnliche Fragestellungen im Berufsleben werden dadurch jenseits kurzlebiger Trends beantwortbar.</p> <p>Kommunikative Kompetenzen werden durch Arbeiten in Gruppenübungen und die dortige Vorstellung und Diskussion von Übungsaufgaben erworben.</p>				
Credit Points:	10	Präsenzstudium: 3.25 CP		Selbststudium: 6.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: 180-minütige Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Informatik				
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, MSc Physik mit Schwerpunkt Informationstechnologie				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretische Informatik 1		V4 + Ü2.5	10	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Theoretische Informatik 1				

Inhalt:	Die Vorlesung behandelt fundamentale Algorithmen, allgemeine Methoden für den Entwurf und die Analyse von Algorithmen, die NP-Vollständigkeit und die Grenzen der Berechenbarkeit. Algorithmen für Ordnungsprobleme wie Sortieren und Mischen wie auch Algorithmen für Graphprobleme wie die Berechnung kürzester Wege und minimaler Spannbäume werden beschrieben und analysiert. Algorithmentypen bzw. Entwurfsmethoden wie Greedy-Algorithmen, Teile-und-Beherrsche und dynamisches Programmieren werden eingeführt und angewandt. Das Konzept der NP-Vollständigkeit erlaubt die Untersuchung der algorithmischen Komplexität von Problemen. Die NP-Vollständigkeit des Erfüllbarkeitsproblems und weiterer Berechnungsprobleme wird gezeigt. Des Weiteren wird ein Ausblick auf die Behandlung komplexer algorithmischer Probleme unter Betonung der Approximationsalgorithmen gegeben. Der Begriff der Berechenbarkeit wird eingeführt und ausführlich diskutiert. Es werden Beispiele für nicht entscheidbare Sprachen angeführt, und mit dem Satz von Rice wird nachgewiesen, dass fast alle interessanten Fragen über das Verhalten eines Programms unentscheidbar sind.
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine (nützlich sind die Module B-MOD und B-DS)

7 Zusätzliche Pflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt *Computational Physics*

Der Besuch der Module *Numerische Mathematik*, *Hochleistungsrechnerarchitektur* und *Praktikum Hochleistungsrechnerarchitektur* ist Pflicht. Darüber hinaus muss mindestens eines der Module

- *Computational Physics and Simulations in Matlab*
- *Numerische Methoden der Physik*
(*Numerical Methods in Physics*)
- *Numerische Methoden für Differentialgleichungen der Geophysikalischen Strömungsmechanik*
(*Numerics for Differential Equations of Geophysical Fluid Dynamics*)
- *Computational Methods in Solid State Theory*
- *Quantum Molecular Dynamics*

absolviert werden.

Modul: BAM-NM	Numerische Mathematik (Numerical Mathematics)		
Ziele:	<p>Die Studierenden sollen einen Einblick in die wichtigsten Techniken zur näherungsweise Lösung mathematischer Probleme erhalten. Insbesondere sollen sie dabei:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sich vertraut machen mit der Problematik numerischen Rechnens, - Approximationstechniken einschätzen lernen, - Standardalgorithmen der numerischen Mathematik und ihrer Effizienz und Stabilität kennenlernen, - erste Erfahrungen bei der Umsetzung von numerischen Verfahren in Programme sammeln. 		
Credit Points:	11	Präsenzstudium: 4.0 CP	Selbststudium: 7.0 CP
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Module VMATH1–2		
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung		
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: 90-minütige Klausur, benotet		
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen		
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Mathematik		
Verwendbarkeit:	BSc Mathematik, BSc Informatik, MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>		

Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Vorsemesterkurs Mathematisches Programmieren (Presemester Course Mathematical Programming)		—	2	Pf	WS
Numerische Mathematik (Numerical Mathematics)		V4 + Ü2	9	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Vorsemesterkurs Mathematisches Programmieren (Presemester Course Mathematical Programming)				
Inhalt:	Sprachelemente, Graphik und Visualisierung, Tools, Programmieren (in Scilab oder Matlab)				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				
Lehrveranstaltung:	Numerische Mathematik (Numerical Mathematics)				
Inhalt:	Approximation, Interpolation, Numerische Integration und Differentiation, Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungen, Bestimmung von Eigenwerten, Ausgleichsrechnung				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1–2</i>				

Modul:	M-HL	Hochleistungsrechnerarchitektur (High-Performance Computer Architecture)			
Ziele:	Grundverständnis aller Elemente eines Hochleistungsrechners und der sich ergebenden verschiedenen Architekturen. Verständnis des Wechselspiels zwischen Hochleistungsrechner Architektur und Algorithmus und Fähigkeit, zur Entwicklung des optimalen Algorithmus auf modernen Architekturen. Programmierung mit Vektor Klassen, OpenMP, MPI.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: Je nach Anzahl der Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine mündliche Prüfung oder eine 120-minütige Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	MSc Informatik				
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, MSc Informatik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Hochleistungsrechnerarchitektur		V3 + Ü1	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Hochleistungsrechnerarchitektur				
Inhalt:	Die Vorlesung vermittelt einen Einblick in den Aufbau, die Technologie und die Bewertung von modernen Hochleistungsrechnern. Sie beginnt mit einem Überblick über das Gebiet mit Schwerpunkt auf den verschiedenen Anforderungen an die Architektur. Es werden grundlegende Themen erörtert: wie HPC Netze, Synchronisation, Latenz, Overhead, Bandbreite, Cache Kohärenz, Sequenzielle Konsistenz, Vektorisierung, Nebenläufigkeit auf massiv parallelen Architekturen, etc. Das ganze Spektrum moderner Maschinen wird vorgestellt, unter anderem klein skalige SMP Systeme, großskalige massiv parallele Systeme, NUMA und CC- NUMA Systeme, Message Passing Architekturen und Cluster Systeme. Kleinskalige SMP Systeme werden als Grundlage für das Verständnis von großskaligen Designs untersucht. Die Skalierbarkeit von Hochleistungsrechnern wird ausführlich untersucht.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Kenntnisse aus den Bereichen Programmieren, Datenstrukturen				

Modul: M-HL-PR	Praktikum Hochleistungsrechnerarchitektur (Lab Class High-Performance Computer Architecture)				
Ziele:	Praktische Erfahrung und Routine in der parallelen Programmierung. Verständnis des Zusammenspiels von Algorithmus, Cache und Netzwerk. Praktische Erfahrung mit Nebenläufigkeitsproblemen, Synchronisation und der Fehlersuche in parallelen Algorithmen.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Erbringen der Studienleistungen				
Modulprüfung:	keine				
Studienleistungen:	Regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme; termingerechte Abgabe der Praktikumsaufgaben, Vorstellung und Demonstration der Ergebnisse				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	MSc Informatik				
Verwendbarkeit:	BSc Informatik, MSc Informatik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Praktikum Hochleistungsrechnerarchitektur		P4	6	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Praktikum Hochleistungsrechnerarchitektur				
Inhalt:	Programmierung von SMP Maschinen, MPP Clustern und GPGPUs. Praktischer Umgang mit verschiedenen Programmierbibliotheken wie Vektor Klassen, OpenMP, MPI oder OpenCL. Entwicklung eigener paralleler Algorithmen und Untersuchung derer Skalierbarkeit. Für die praktischen Übungen stehen verschiedene Parallelrechner des Frankfurter CSC, einschließlich der LOEWE-CSC Hochleistungsrechner für ausgewählte Übungen zur Verfügung.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Kenntnisse aus den Bereichen Programmieren, Datenstrukturen				

Modul:	VCPSM	Computational Physics and Simulations in Matlab			
Ziele:	Im Rahmen des Tutoriums wird die Anwendung der vorgestellten Algorithmen auf konkrete physikalische Problemstellungen vermittelt. Dabei erlernen und verwenden die Studierenden die Programmierumgebung MATLAB, die auch bei geringen Vorkenntnissen effiziente Simulationen und Visualisierung ermöglicht.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 3.0 CP		Selbststudium: 3.0 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfungim Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i> und von Studierenden des BSc Physik, die sich dieses Modul für das Pflichtmodul <i>Einführung in die Programmierung für Physiker (4 CP)</i> anrechnen lassen wollen: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i> und von Studierenden des BSc Physik, die sich dieses Modul für das Pflichtmodul <i>Programmierpraktikum für Physiker</i> anrechnen lassen wollen, sowie auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur, ggf. in Kombination mit einer Projektarbeit (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	BSc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Computational Physics and Simulations in Matlab		V3 + Ü3	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Computational Physics and Simulations in Matlab				
Inhalt:	Programmieren und Visualisieren in Matlab, numerische Simulationen physikalischer Fragestellungen: Ableitung und Integration, Optimierung and Minimierung, gewöhnliche Differentialgleichungen, chaotische Dynamik, Fraktale, Zufallsbewegungen, Eigenwertprobleme, Matrixzerlegungen, partielle Differentialgleichungen, Perkolation, Monte-Carlo-Methoden, neuronale Netze.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundlagen der Analysis und der linearen Algebra, sowie der Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1–2</i> , insbesondere Newton- und Hamilton-Mechanik, Phasenraum, Wellengleichung.				

Modul: VNUMP	Numerische Methoden der Physik (Numerical Methods in Physics)				
Ziele:	Das Modul vermittelt auf einer praktischen Ebene die wichtigsten numerischen Verfahren, die in physikalischen Rechnungen eingesetzt werden. Die Studierenden erlangen die Kompetenz, selbst Methoden zu implementieren und aus Programmbibliotheken kritisch die für ein Problem geeigneten Verfahren auszuwählen.				
Credit Points:	6	Präsenzstudium: 2.0 CP		Selbststudium: 4.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">• im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung• im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, Bsc Biophysik, MSc Biophysik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Numerische Methoden der Physik		V3 + Ü2	6	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Numerische Methoden der Physik				
Inhalt:	Darstellung von Zahlen, Rundungsfehler; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Anfangswertprobleme; Einheitenbehaftete/dimensionslose Größen; Nullstellensuche, lösen nicht-linearer Gleichungen; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Randwertprobleme; Lösen linearer Gleichungssysteme; Numerische Integration; Eigenwertprobleme; Verwendung numerischer Bibliotheken; Interpolation, Extrapolation, Approximation; Funktionsminimierung, Optimierung; Monte Carlo-Simulation statistischer Zustandssummen.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Mathematische Kenntnisse etwa aus den Modulen VTH1-VTH4; Programmierkenntnisse in einer numerischen Sprache, etwa Fortran, Java, C, C++				

Modul: VNMDGL	Numerische Methoden für Differentialgleichungen der Geophysikalischen Strömungsmechanik (Numerics for Differential Equations of Geophysical Fluid Dynamics)				
Ziele:	Das Modul führt die Studierenden in die numerische Verfahrensweise zur Untersuchung physikalischer Prozesse ein, die aufgrund ihrer Komplexität einer geschlossenen theoretischen Behandlung noch nicht zugänglich sind, oder aber nur sehr schwer experimentell zu untersuchen sind. Das Modul zielt dabei auf die für Wettervorsage und Klimasimulation relevanten Differentialgleichungen ab. Vorkenntnisse in diesen Bereichen sind aber nicht nötig. Insbesondere werden alle numerischen Verfahren unabhängig von den speziellen Differentialgleichungen der geophysikalischen Strömungsmechanik behandelt. Das Modul bietet Studierenden daher eine auch für andere Bereiche nutzbare Einführung in die numerische Lösung von Differentialgleichungen.				
Credit Points:	5	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	MSc Meteorologie				
Verwendbarkeit:	MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Numerische Methoden für Differentialgleichungen der Geophysikalischen Strömungsmechanik		V2 + Ü1	5	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Numerische Methoden für Differentialgleichungen der Geophysikalischen Strömungsmechanik				
Inhalt:	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die numerischen Grundlagen der geophysikalischen Strömungsmechanik, wie sie z.B. zur Wettervorhersage und Klimasimulation verwendet werden. Auf eine Behandlung der numerischen Lösung von gewöhnlichen Differentialgleichungen (Stabilität, Konsistenz, Konvergenz, Runge-Kutta, Mehrschritt-Verfahren, implizite Verfahren) folgt die Diskussion der Methoden zur Lösung ein- und mehrdimensionaler Strömungsgleichungen (Stabilität und Konvergenz, Finite Differenzen, numerische Dissipation und Dispersion, Behandlung von Diffusion und Quellen).				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Standardkenntnisse in linearer Algebra, Funktionentheorie und Analysis wie im BSc Physik erworben				

Modul: VCMSST	Computational Methods in Solid State Theory				
Ziele:	The aim of this lecture is to give an overview of computational methods that are important for the condensed matter theorist. The exercises are designed such that they are directly linked to problems of state of the art research. The lecture is intended as a link between theoretical lectures and the practical requirements of programming and computation in bachelor or master thesis work.				
Credit Points:	4	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 2.5 CP	
Angebotsturnus:	unregelmäßig	Dauer: einsemestrig		Beginn: im WS/SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">• im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung• im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Computational Methods in Solid State Theory		V2 + Ü1	4	Pf	WS/SoSe
Lehrveranstaltung:	Computational Methods in Solid State Theory				
Inhalt:	The lecture will focus on methods that are suitable for solving problems in solid state theory. The students will apply these methods and as far as possible implement programs for them in the accompanying exercises. Possible topics are the application of density functional theory (DFT) to crystalline materials, the tight binding method, extraction of Hamiltonian parameters from DFT band structures. Approximate methods of solution for manybody Hamiltonians like mean field theory will be covered. Greens functions on real and imaginary frequency axes as well as methods of analytic continuation will be discussed in practical terms. Response functions will be calculated for example in random phase approximation. Part of the lecture can deal with dynamical mean field theory, a method that is approximate in finite dimension but has been increasingly successful over the last twenty years. The final part of the lecture can introduce numerically exact methods like exact diagonalization and quantum Monte Carlo. The lecture will be enriched by discussion of available software or libraries and methods of implementation.				

Erforderliche Vorkenntnisse:	This course requires elementary programming skills, an understanding of quantum mechanics and solid state physics.
---------------------------------	--

Modul:	VQMD	Quantum Molecular Dynamics			
Ziele:	This module provides the bridge between the electronic structure of atoms, familiar to students from the standard theory course(s) on quantum mechanics, and the electronic structure of molecules and solids. The course addresses both the fundamental physics involved as well as the theoretical concepts and computational techniques required for efficiently dealing with such systems. Students become familiar with the relevant lengths, time and energy scales, with the notion of hybridization and delocalization of states, and with the Born-Oppenheimer surface. In particular, students make first contact with “counterintuitive” approaches, such as the pseudopotential approximation or the simulation of the Schrödinger equation by another differential equation. They learn about the interplay between the equations of motion and discretization. In this way students are trained to think more creatively about the representation of physics in terms of equations. The course is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i> . It is highly self-contained, preparation of students by attending additional courses e.g. in condensed matter theory is not required. The module prepares students for pursuing bachelor’s or master’s projects in computational electronic structure theory. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
Credit Points:	5	Präsenzstudium: 1.5 CP		Selbststudium: 3.5 CP	
Angebotsturnus:	zweijährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	<ul style="list-style-type: none">• im allgemeinen: grundsätzlich Erbringen der Studienleistungen, auf Wunsch des oder der Studierenden Bestehen der Modulabschlussprüfung• im Fall von Studierenden des MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>: Bestehen der Modulabschlussprüfung (Voraussetzung für die Zulassung zur Prüfung ist die regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)				
Modulprüfung:	auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung oder einer Klausur (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)				
Studienleistungen:	gemäß Studienordnung Physik, unbenotet				
Prüfungsverfahrensregelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik, MSc Computational Science				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Quantum Molecular Dynamics		V3	5	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Quantum Molecular Dynamics				

Inhalt:	Born-Oppenheimer approximation; density functional theory (Hohenberg-Kohn theorem, Kohn-Sham equations, local density approximation, generalized gradient approximation, time-dependent density functional theory); Born- Oppenheimer versus Car-Parrinello dynamics; iterative diagonalization; optimization techniques (steepest descent, conjugate gradient dynamics, variable metric method); global energy minimization (Metropolis algorithm, Markov chains, dynamical simulated annealing); pseudopotentials; quantum molecular dynamics for periodic systems; Kleinman-Bylander transformation; supercell concept
Erforderliche Vorkenntnisse:	basic understanding of (a) classical electrodynamics (Coulomb forces, multipole expansion); (b) quantum mechanics of many-electron systems (wavefunctions, Schrödinger equation, spin, Pauli principle, 2nd quantization); (c) atomic physics (electronic structure, energetics)

8 Zusätzliche Wahlpflichtmodule des Masterstudiengangs mit Schwerpunkt *Computational Physics*

Modul: VTHNEU1	Theoretical Neuroscience I				
Ziele:	Das Modul vermittelt die grundlegenden Konzepte des Vertiefungsfachs Neuroscience. Es erlaubt insbesondere auch Studierenden ohne umfangreiche Vorkenntnisse den Einstieg in das Vertiefungsfach. Es führt dabei insbesondere in Methoden zur Modellierung von Neuronen und neuronalen Netzen sowie zur Analyse neuronaler Daten ein. Das Modul gibt gleichzeitig einen Überblick über das breite Angebot an Wahlpflichtveranstaltungen im Bereich Neuroscience, um den Studierenden die weitere Orientierung im Vertiefungsfach zu erleichtern.				
Credit Points:	3	Präsenzstudium: 1.0 CP	Selbststudium: 2.0 CP		
Angebotsturnus:	zweijährlich	Dauer: einsemestrig	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik				
Verwendbarkeit:	MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Theoretical Neuroscience		V2	3	Pf	WS
Lehrveranstaltung:	Theoretical Neuroscience				
Inhalt:	Neuronale Kodierung und Dekodierung, Aktionspotenziale, Rezeptive Felder und Tuningkurven, Modelle von Nervenzellen mit unterschiedlichen Abstraktionsgraden, Netzwerkmodelle und Netzwerkdynamik, Plastizität und Lernen				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der mathematischen Grundvorlesungen, elementare Kenntnisse von Matlab				

Modul:	THNEU2	Theoretical Neuroscience II			
Ziele:	Das Modul vertieft die Kenntnisse zur theoretischen Beschreibung und Modellierung von Nervensystemen. Zum einen werden Vorlesungen zur Vertiefung methodischer Grundlagen angeboten (Nonlinear Dynamics and Complex Systems, Methods for the Study of Complex Systems). Des weiteren enthält das Modul Optionen zur Vertiefung der neurobiologischen Grundlagen und ihrer theoretischen Beschreibung (Visual System, Systems Neuroscience). Schließlich vermittelt es weiterführende Kenntnisse zur theoretischen Beschreibung und Modellierung von neuronalen Netzwerken und Lernprozessen (Brain Dynamics, Reinforcement Learning, Unsupervised Learning). Die in der Liste aufgeführten Wahlpflichtveranstaltungen im Modul können nach Belieben kombiniert werden. Insgesamt müssen mindestens 12 CP erreicht werden.				
Credit Points:	12	Präsenzstudium: 4.0 CP		Selbststudium: 8.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der kumulativen Modulprüfung				
Modulprüfung:	kumulative Modulprüfung über Modulteilprüfungen, benotet				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	MSc Physik mit Schwerpunkt <i>Computational Physics</i>				
Verwendbarkeit:	MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Methods for the Study of Complex Systems		V2 + Ü1	4	WP	SoSe
Reinforcement Learning		V2	3	WP	SoSe
Unsupervised Learning		V2	3	WP	SoSe
Visual System: Neural Structure, Dynamics, and Function		V2	3	WP	SoSe
Brain Dynamics: From Neuron to Cortex		V2	3	WP	WS
Systems Neuroscience		S2	4	WP	SoSe
Lehrveranstaltung:	Methods for the Study of Complex Systems				
Inhalt:	Iterative Maps, Chaos and Fractals, Nonlinear Stability Analysis, Synchronization, Cellular Automata, Markov Processes, Stochastic Resonance, Information theory, Network theory				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Kenntnisse in Analysis, Linearer Algebra, Statistik				
Turnus:	jedes Jahr, SoSe				
Prüfungsform:	mündliche Prüfung und/oder Übungsaufgaben und/oder Hausarbeit (als Modulteilprüfung)				

Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine
Lehrveranstaltung:	Reinforcement Learning
Inhalt:	Markov Decision Processes, Dynamic Programming, Monte Carlo Methods, Temporal Difference Learning, Value Functions, Bellman Equations, Function Approximation, Partially Observable Markov Decision Processes, Hierarchical Reinforcement Learning
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.
Turnus:	jedes Jahr, SoSe
Prüfungsform:	mündliche Prüfung oder Klausur (als Modulteilprüfung)
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine
Lehrveranstaltung:	Unsupervised Learning
Inhalt:	Density Estimation, Clustering, Self-organizing Maps, Dimensionality Reduction, Mixture Models, PCA, ICA, Expectation Maximization Algorithmus
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik
Turnus:	jedes 2. Jahr, SoSe
Prüfungsform:	mündliche Prüfung oder Klausur (als Modulteilprüfung)
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine
Lehrveranstaltung:	Visual System: Neural Structure, Dynamics, and Function
Inhalt:	The course gives an introduction to structure, dynamics and function of the visual system. It aims at connecting the physiological level of cortical microcircuits and anatomy with the psychological level of visual cognition. Without going into mathematical details itself, the course is meant to provide a useful basis for knowledgeable mathematical and computational modelling of visual processing.
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine
Turnus:	jedes 2. Jahr, SoSe
Prüfungsform:	mündliche Prüfung oder Klausur (als Modulteilprüfung)
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	keine
Lehrveranstaltung:	Brain Dynamics: From Neuron to Cortex

Inhalt:	Brain dynamics is described at the level of single neurons, microcircuits, and global cortical dynamics. Beginning from the discussion of harmonic oscillators, we introduce the basic knowledge needed to describe spiking dynamics of neurons. This is then used to classify neurons according to different spiking behaviors. We then describe universal architectural aspects of microcircuits that connect the single neurons into functional substructures. Finally, we describe generation, stability, and possible functionality of cortical oscillations. The latter are observed in the context of cognitive processing.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Die Teilnehmer sollten ein grundsätzliches Verständnis für Differentialgleichungen haben auf dem Niveau, das etwa in den grundlegenden Vorlesungen der Theoretischen Physik (insb. Mechanik) vermittelt wird.
Turnus:	jedes Jahr, WS
Prüfungsform:	mündliche Prüfung oder Klausur (als Modulteilprüfung)
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	none
Lehrveranstaltung:	Systems Neuroscience
Inhalt:	Functional characterization of different brain systems and their interactions including cerebral cortex, cerebellum, basal ganglia, thalamus, hippocampal formation. Characterization and models of connectivity patterns and their computational implications as well as theoretical models of functional interactions especially of basal ganglia and frontal cortex and possibly invertebrate systems will be discussed.
Erforderliche Vorkenntnisse:	grundlegende Kenntnisse in den Neurowissenschaften
Turnus:	jedes Jahr, SoSe
Prüfungsform:	Seminarvortrag (als Modulteilprüfung)
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige Teilnahme am Seminar

Darüber hinaus können die folgenden Module als Wahlpflichtmodule eingebracht werden (für Details siehe Modulhandbücher BSc/MSc Meteorologie, BSc/MSc Geowissenschaften):

- EMETA: Allgemeine Meteorologie
- EMETA: Allgemeine Klimatologie
- EMETB: Atmospheric Dynamics 1
- EMETB: Atmospheric Dynamics 2
- METTHA: Atmosphärendynamik 3
- METV: Numerical Weather Prediction
- FATDYN: Stochastische Beschreibung atmosphärischer Prozesse
- FATDYN: Schwerewellen oder Klimavariabilität
- KLIMA: Klimasystemmodellierung
- KLIMA: Regionale Klimaprozesse
- MWp Gph4: Numerische Methoden der Geodynamik
- BWp 6: Kristallstrukturbestimmung
- BWp 6: Kristallchemie
- BWp 6: Mineralphysik
- BWp 6: Kristallographisches Seminar
- MWp Gph1: Geodynamik: Plattentektonik und Rheologie
- MWp Gph1: Geodynamik: Fluidodynamik und Wärmetransport
- MWp Gph2: Einführung in die Seismologie
- MWp Min5: Computational Mineralogy with Empirical Models
- MWp Min5: Computational Mineralogy with Quantum Mechanical Models

Für die Teilnahme an den Modulen gelten die in den Modulhandbüchern BSc/MSc Meteorologie sowie BSc/MSc Geowissenschaften aufgeführten Voraussetzungen.

9 Nebenfachmodule

9.1 Nebenfach Astronomie

Modul: ASTROA	Astronomie A (Astronomy A)				
Ziele:	Das Modul bietet eine kompakte Einführung in die gesamte Breite der Astronomie. Die Studierenden erlernen grundlegende Konzepte und Denkweisen der Astronomie von den Koordinatensystemen über Planeten und Sonnen bis hin zu Galaxien und Kosmologie.				
Credit Points:	16	Präsenzstudium: 5.0 CP		Selbststudium: 11.0 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: zweisemestrig		Beginn: im WS	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Einführung in die Astronomie 1		V4 + Ü1	8	Pf	WS
Einführung in die Astronomie 2		V4 + Ü1	8	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Astronomie 1				
Inhalt:	Koordinatensysteme, Strahlung, Planetensystem, Energieerzeugung in der Sonne, Aufbau der Sonne				
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine				
Lehrveranstaltung:	Einführung in die Astronomie 2				
Inhalt:	Sternentwicklung, Supernovae, Aufbau der Galaxis, Galaxien, Aktive Galaxien, Kosmologie				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltung <i>Einführung in die Astronomie 1</i>				

Modul: ASTROB	Astronomie B (Astronomy B)				
Ziele:	Der/die Studierende vertiefen ihr Wissen in der Astronomie. In einem am Computer basierten Praktikum lernen sie interaktiv die Anwendung von Wissen aus Modul ASTROA. Sie lernen wichtige Software- Werkzeuge des Faches kennen und trainieren den selbstständigen Umgang damit. Themengebiete sind: Klassifikation extragalaktischer und galaktischer Objekte anhand spektraler Eigenschaften. Modellierung von Röntgenspektren aktiver galaktischer Kerne. Entfernungsbestimmung von Cepheiden. Hertzsprung - Russel Diagramm. Berechnungen zu Planetenbahnen und Koordinatensystemen. Dunkle Materie in der Milchstraße. Schließlich wählen sie aus einem Angebot von Spezialvorlesungen einen Themenbereich aus, in dem sie vertieftes Wissen erwerben wollen. In einem Seminar erarbeiten sie eigenständig ein Teilgebiet der Astronomie und üben die Präsentation in einem Seminarvortrag.				
Credit Points:	13	Präsenzstudium: 3.5 CP		Selbststudium: 9.5 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: zweisemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme am Praktikum und am Seminar, Seminarvortrag im Rahmen des <i>Astronomischen Seminars</i>				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Astronomisches Praktikum		P3	6	Pf	SoSe
Astronomische Spezialvorlesung		V2	3	Pf	WS
Astronomisches Seminar		S2	4	Pf	SoSe
Lehrveranstaltung:	Astronomisches Praktikum				
Inhalt:	Computer- und Beobachtungspraktikum mit Beispielen, Simulationen und wichtigen softwaretools der Astronomie sowie einer Exkursion.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltung <i>Einführung in die Astronomie 1</i>				
Lehrveranstaltung:	Astronomische Spezialvorlesung				
Inhalt:	zur Auswahl stehen Vorlesungen über Struktur und Dynamik der Sterne, Struktur und Dynamik der Galaxis, Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme, Nukleare und Astroteilchenphysik, Allgemeine Relativitätstheorie, Kosmologie, Experimentelle Astrophysik				

Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Einführung in die Astronomie 1–2</i>
Lehrveranstaltung:	Astronomisches Seminar
Inhalt:	Auswahl aus Spezialthemen der modernen Astronomie (siehe Auflistung unter Ziele des Moduls)
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltungen <i>Einführung in die Astronomie 1–2</i>

9.2 Nebenfach Elektronik

Das Nebenfach Elektronik besteht aus zwei konsekutiven Modulen, die beide erfolgreich absolviert werden müssen. Die Gesamtnote des Nebenfaches ist die Durchschnittsnote der beiden Modulabschlussprüfungen. Von der Teilnahme an ELEK-D kann abgesehen werden, falls der oder die Studierende ein inhaltsgleiches Modul vorweisen kann (z.B. B-HW zusammen mit B-HWS-PR, Informatik). Soweit letztgenannte Module bereits als Studienleistungen eingebracht wurden, werden für das Nebenfach Elektronik nur die CP und die Note des Moduls ELEK-A berücksichtigt. Das Nebenfach kann im Bachelor oder im Master eingesetzt und jederzeit im Studienverlauf begonnen werden.

Modul: ELEK-A	Analogelektronik (Analog Electronics)				
Ziele:	Die Studierenden erlernen grundlegende Konzepte des Faches und erwerben die Kompetenz zur eigenständigen Analyse elektronischer Bauelemente sowie zur Analyse und zum Aufbau elektronischer Schaltungen. Insbesondere im Rahmen des Praktikums sollen Fertigkeiten wie selbständiger Aufbau und Dimensionierung elektronischer Schaltungen, eigenständiges Lösen von Problemen sowie die Fähigkeit zur Dokumentation und Präsentation von Messergebnissen erworben werden. Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.				
Credit Points:	9	Präsenzstudium: 2.75 CP	Selbststudium: 6.25 CP		
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: 1,5 Semester	Beginn: im WS		
Voraussetzungen für die Teilnahme:	keine				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen und Praktika (Die Leistungsnachweise können nachgereicht werden, müssen also bei der Anmeldung zur Modulabschlussprüfung noch nicht vorliegen.)				
Prüfungsverfahren- regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Elektronik und Sensorik I (Electronics and Sensorics I)		V2 + Ü1	4	Pf	WS
Elektronik und Sensorik II (Electronics and Sensorics I)		V1/2	1	Pf	SoSe (1.H.)
Elektronikpraktikum (Analogteil) (Lab Class Analog Electronics)		P4/2	4	Pf	SoSe (1.H.)
Lehrveranstaltung:	Elektronik und Sensorik I (Electronics and Sensorics I)				

Inhalt:	Die Vorlesung „Elektronik und Sensorik I“ bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundsaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.
Erforderliche Vorkenntnisse:	keine
Lehrveranstaltung:	Elektronik und Sensorik II (Electronics and Sensorics I)
Inhalt:	Die Vorlesung „Elektronik und Sensorik II“ bietet, aufbauend auf die Vorlesung „Elektronik und Sensorik I“, eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundsaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation. Kern des Praktikums ist es, den Studierenden den Einsatz der wichtigsten Baugruppen der analogen Elektronik zu vermitteln und den Aufbau einfacher Schaltungen der Analogelektronik zu üben.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltung <i>Elektronik und Sensorik I</i>
Lehrveranstaltung:	Elektronikpraktikum (Analogteil) (Lab Class Analog Electronics)
Inhalt:	Ladungstransport, Signale, lineare passive Netzwerke, physikalische Grundlagen der Halbleiter-Bauelemente, Diodenschaltungen, bipolare und FET-Transistoren, Gegenkopplung
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt der Veranstaltung <i>Elektronik und Sensorik II</i> ; gleichzeitige Teilnahme an den Veranstaltungen <i>Elektronik und Sensorik II</i> nötig

Modul: ELEK-D	Digitalelektronik (Digital Electronics)				
Ziele:	Den Studierenden wird ein grundlegendes Verständnis der Funktionsweise digitaler Schaltungen vermittelt, um in der Lage zu sein, zukünftige vertiefende Arbeiten und Aufgabenstellungen auf dem Gebiet sicher einzuordnen. Im Vordergrund des Praktikums steht die selbstständige Anwendung des Erlernten durch die selbstständige Durchführung eines in Teamarbeit frei zu gestaltenden Projektes. Das Modul richtet sich an Studierende aller Semester.				
Credit Points:	8	Präsenzstudium: 2.25 CP		Selbststudium: 5.75 CP	
Angebotsturnus:	jährlich	Dauer: einsemestrig		Beginn: im SoSe	
Voraussetzungen für die Teilnahme:	Modul Elek-A oder gleichwertige Vorkenntnisse. Das Praktikum kann ohne die gleichzeitige Teilnahme an den Vorlesungen <i>Digitale Elektronik I,II</i> oder eine bereits erfolgte erfolgreiche Modulabschlussprüfung für das Modul ELEK-D nicht begonnen werden.				
Voraussetzungen für die Vergabe der CP:	Bestehen der Modulabschlussprüfung				
Modulprüfung:	Modulabschlussprüfung: mündliche Prüfung oder Klausur, benotet				
Voraussetzungen für die Zulassung zur Prüfung:	regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme am Praktikum (Die Leistungsnachweise können nachgereicht werden, müssen also bei der Anmeldung zur Modulabschlussprüfung noch nicht vorliegen.)				
Prüfungsverfahren-regelungen gemäß Studienordnung:	BSc Physik				
Verwendbarkeit:	Bsc Physik, MSc Physik				
Lehrveranstaltungen des Moduls		Art/SWS	CP	Pf/WP	Sem.
Digitale Elektronik I (Digital Electronics I)		V2	3	Pf	SoSe
Digitale Elektronik II (Digital Electronics II)		V1/2	1	Pf	SoSe (2.H.)
Elektronikpraktikum (Digitalteil) (Lab Class Digital Electronics)		P4/2	4	Pf	SoSe (2.H.)
Lehrveranstaltung:	Digitale Elektronik I (Digital Electronics I)				
Inhalt:	In der Vorlesung ?Digitalelektronik I? werden zunächst die für das Digitalelektronikpraktikum benötigten Kenntnisse vorbereitet, so werden z.B. die boolsche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien eingeführt. Hierbei wird Wert auf die praxisnahe Gestaltung der Vorlesung gelegt.				
Erforderliche Vorkenntnisse:	Grundkenntnisse von Halbleiterbauelementen (Diode und Transistor als Schalter)				
Lehrveranstaltung:	Digitale Elektronik II (Digital Electronics II)				

Inhalt:	In der Vorlesung ?Digitalelektronik II? werden die Themen boolsche Algebra, digitale Bauelemente, Zustandsautomaten, und die einzelnen Logikfamilien vertieft. Die Vorlesung ist ergänzend zum Praktikum und dient zur Diskussion der konkreten Projekte.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt des Moduls ELEK-A
Lehrveranstaltung:	Elektronikpraktikum (Digitalteil) (Lab Class Digital Electronics)
Inhalt:	In dem Praktikum, das durch eine ergänzende Vorlesung „Digitalelektronik II“ zur Diskussion der konkreten Projekte begleitet wird, werden die Studierenden zunächst durch den Aufbau von Schaltungen mit diskreten Bauelementen an die Materie herangeführt, so dass diese dann mit VHDL ein eigenständiges Projekt mit programmierbarer Logik definieren und implementieren können.
Erforderliche Vorkenntnisse:	Inhalt des Moduls ELEK-A; gleichzeitige Teilnahme an den Veranstaltungen <i>Digitale Elektronik I,II</i> nötig

Index 1: Modulkürzel

ASTROA, 179
 ASTROB, 180

 B-DS, 32
 B-GL1, 161
 B-HW1, 34
 B-PRG1, 36
 B-PRG2, 38
 BAM-NM, 163
 BAP, 28

 ELEK-A, 182
 ELEK-D, 184
 EP, 43

 FS, 42

 M-HL, 165
 M-HL-PR, 166
 MA, 44

 PEX1, 13
 PEX2, 14
 PEXF, 15
 PEXFL, 39
 PPROG, 23

 SAG, 41
 SBSC, 27
 SPRO, 40

 THNEU2, 175

 VACAPP, 102
 VAGN, 138
 VANAEXHEP, 75
 VANGELEK, 127
 VART, 54
 VATOM1, 91
 VATOM2, 92
 VATOM3, 93
 VBCMETH, 117
 VBEK, 156
 VBEP, 97
 VBIOENERGIEWAND, 119
 VBIOMOLDYN, 115
 VBISD, 114
 VBRAIN, 51
 VCADS, 130
 VCMSST, 154, 170
 VCPSM, 128, 167
 VCQPBH, 57
 VCQPBH2, 58
 VDFT, 150

 VDIGEL, 99
 VDIST, 140
 VDP, 73
 VEHLF, 52
 VELSEN, 98
 VENGW, 108
 VENTE, 109
 VETRT, 106
 VEX1A, 4
 VEX1B, 6
 VEX2, 8
 VEX3, 9
 VEX4A, 11
 VEX4B, 12
 VEXFP1, 76
 VEXFP2, 78
 VEXGMAG, 146
 VEXNUAS, 107
 VEXPO, 95
 VEXSUP, 79
 VEXTIP, 80
 VEXTMAG, 147
 VEXTRA, 135
 VFKPPC, 90
 VGALAX, 136
 VHABAU, 30, 84
 VHQM, 45
 VHYDRO, 144
 VIMPRO, 125
 VINFRAROT, 121
 VIQMPT, 132
 VKOSMO, 55
 VKRISZ, 86
 VKT1, 67
 VKT2, 68
 VKT3, 69
 VKT4A, 70
 VKT4B, 71
 VKT4C, 72
 VLASOPT, 82
 VLGT, 143
 VLINAC, 100
 VMALE, 113
 VMATH1, 24
 VMATH2, 25
 VMATH3, 26
 VNANOEL, 81
 VNLDYN, 131
 VNMDGL, 169
 VNNASTRO, 56
 VNUMP, 46, 168
 VPFEI1, 47

VPFEI2, 48
VPLAHER1, 110
VPLAHER2, 111
VPLANSYS, 141
VPLASMA, 94
VPTHIC, 74
VPTW, 112
VQFT1, 62
VQFT2, 63
VQIQC, 50
VQMD, 151, 172
VQMPT, 153
VQTLAT, 66
VSTATP, 148
VSTERN, 137
VSTRAHLENUMWELT, 122
VSTRAMA, 142
VSUPAC, 103
VSVMQM, 134
VSYNCR, 101
VTERASPEC, 157
VTH1, 16
VTH2, 17
VTH3, 18
VTH4, 19
VTH5, 20
VTHFP1, 88
VTHFP2, 89
VTHKP1, 59
VTHKP2, 61
VTHNEU1, 174
VTHQO, 160
VTHS, 21
VTHSUP, 149
VTQFT, 145
VUKQG, 159
VVAKP1, 104
VVAKP2, 105
VVIME, 123
VWIP, 49
VZQFT, 64

Index 2: Modultitel

- (Bio-)molekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden
(Biomolecular Dynamics — Measuring Methods and Applications from Femtoseconds to Seconds), 115
- AGN Physik
(AGN physics), 138
- Allgemeine Relativitätstheorie
(General Theory of Relativity), 54
- Analogelektronik
(Analog Electronics), 182
- Analysemethoden der Experimentellen Hochenergiephysik
(Analysis Methods in Experimental High-Energy Physics), 75
- Anfängerpraktikum 1
(Basic Lab Class 1), 13
- Anfängerpraktikum 2
(Basic Lab Class 2), 14
- Angewandte Elektronik
(Applied Electronics), 127
- Arbeitsgruppenseminar
(Research Group Seminar), 41
- Astronomie A
(Astronomy A), 179
- Astronomie B
(Astronomy B), 180
- Astrophysikalische Beschreibung von Strahlung und Materie
(Radiation and matter in astrophysics), 142
- Atomphysik 1
(Atomic Physics 1), 91
- Atomphysik 2
(Atomic Physics 2), 92
- Atomphysik 3
(Atomic Physics 3), 93
- Bachelorarbeit
(Bachelor Project), 28
- Bachelorseminar
(Bachelor Seminar), 27
- Beschleunigeranwendungen in Forschung, Medizin und Technik
(Accelerator applications in research, medicine and technics), 102
- Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik
(Accelerator instrumentation and beam diagnostics), 114
- Bildverarbeitung
(Image Processing), 125
- Biochemische Methoden in der Biophysik
(Biochemical Methods in Biophysics), 117
- Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung
(Biophysical Foundations of Biological Energy Conversion), 119
- Bose-Einstein Kondensate
(Bose-Einstein condensates), 156
- Brain Dynamics: From Neuron to Cortex, 51
- Complex Adaptive Dynamical Systems, 130
- Computational Methods in Solid State Theory, 154, 170
- Computational Physics and Simulations in Matlab, 128, 167
- Datenstrukturen
(Data Structures), 32
- Density Functional Theory, 150
- Digitale Elektronik
(Digital Electronics), 99
- Digitalelektronik
(Digital Electronics), 184
- Einführung in die Beschleunigerphysik
(Introduction to accelerator physics), 97
- Einführung in die Programmierung für Physiker
(Introduction to Coding for Physicists), 23
- Einführung in die Quantenfeldtheorie und das Standardmodell der Teilchenphysik
(Introduction to Quantum Field Theory and Standard Model of Particle Physics), 62
- Einführung in die Supraleitung
(Introduction to Superconductivity), 79
- Einführung in die Terahertz-Spektroskopie
(Introduction to Terahertz Spectroscopy), 157
- Einführung in die Theoretische Festkörperphysik
(Introduction to Theoretical Solid State Physics), 88
- Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik I
(Introduction to Theoretical Nuclear and Elementary Particle Physics I), 59
- Einführung in die Theoretische Kern- und Elementarteilchenphysik II
(Introduction to Theoretical Nuclear

- and Elementary Particle Physics II), 61
- Elektronik und Sensorik (Electronics and Sensorics), 98
- Energietechnik (Physics of Energy Management), 109
- Erarbeiten eines Projekts (Preparation for Master Project I), 43
- Erweiterter Hamilton-Lagrange Formalismus in Punktmechanik und Feldtheorie (Extended Hamilton-Lagrange Formalism in Point Mechanics and Field Theory), 52
- Experimentalphysik 1a: Mechanik (Experimental Physics 1a: Mechanics), 4
- Experimentalphysik 1b: Thermodynamik (Experimental Physics 1b: Thermodynamics), 6
- Experimentalphysik 2: Elektrodynamik (Experimental Physics 2: Electrodynamics), 8
- Experimentalphysik 3: Optik, Atome und Quanten (Experimental Physics 3: Optics, Atoms and Quanta), 9
- Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen (Experimental Physics 4a: Nuclei and Elementary Particles), 11
- Experimentalphysik 4b: Festkörper (Experimental Physics 4b: Solids), 12
- Experimente zur nuklearen Astrophysik (Experiments for nuclear astrophysics), 107
- Experimentelle Festkörperphysik 1 (Experimental Solid State Physics 1), 76
- Experimentelle Festkörperphysik 2 (Experimental Solid State Physics 2), 78
- Experimentelle Tests der Relativitätstheorie (Experiments tests of the Relativity Theory), 106
- Experimentelle Tieftemperaturphysik (Experimental Low Temperature Physics), 80
- Fachliche Spezialisierung (Preparation for Master Project II), 42
- Festkörperphysik am PC (Solid State Physics on the PC), 90
- Forschungs- und Laborpraktikum (Research Lab Class), 39
- Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie und Quantenchromodynamik (Advanced Quantum Field Theory and Quantum Chromodynamics), 63
- Fortgeschrittenenpraktikum (Advanced Lab Class), 15
- Gittereichtheorie (Lattice gauge theory), 143
- Grundlagen der Kristallzüchtung (Foundations of Crystal Growing), 86
- Höhere Quantenmechanik (Advanced Quantum Mechanics), 45
- Höhere Theoretische Festkörperphysik (Advanced Theoretical Solid State Physics), 89
- Halbleiter- und Bauelementephysik (Physics of Semiconductors and Electronic Devices), 30, 84
- Hardwarearchitekturen und Rechensysteme (Hardware Architecture and Computing Systems), 34
- Hochleistungsrechnerarchitektur (High-Performance Computer Architecture), 165
- Hydrodynamik und Transporttheorie (Hydrodynamics and Transport Theory), 144
- Infrarotspektroskopie an Biomolekülen (Infrared Spectroscopy of Biomolecules), 121
- Innere Struktur und Dynamik der Sterne (Inner Structure and Dynamics of Stars), 137
- Introduction to Quantum Many-Particle Theory, 132
- Kern- und Teilchenphysik 4a : Elektromagnetische Sonden der subatomaren Materie (Nuclear and Particle Physics 4a: Electromagnetic Probes of Sub-atomic Matter), 70
- Kern- und Teilchenphysik 4b : Physik des Quark-Gluon Plasmas (Nuclear and Particle Physics 4b: Physics of the Quark-Gluon Plasma), 71
- Kern- und Teilchenphysik 4c : Resonanzphysik der Hadronen (Nuclear and Particle Physics 4c: Hadronic Resonances), 72
- Kosmologie (Cosmology), 55
- Laser- und Optoelektronik (Laser and Optoelectronics), 82
- Linearbeschleuniger (Linear Accelerators), 100

- Magnetismus - Grundlagen, Methoden, Materialien
(Magnetism: Origin, Methods, Materials), 146
- Magnetismus — Technologie
(Magnetism — Technology), 147
- Maschinenlern-Verfahren und ihre Anwendung in Mustererkennung, KI und Suchmaschinen-Technik
(Machine Learning and its Applications to Pattern Recognition, Artificial Intelligence and Search Engines), 113
- Masterarbeit
(Master Project), 44
- Mathematik für Studierende der Physik 1
(Mathematics for Physicists 1), 24
- Mathematik für Studierende der Physik 2
(Mathematics for Physicists 2), 25
- Mathematik für Studierende der Physik 3
(Mathematics for Physicists 3), 26
- Moderne Experimentelle Optik
(Modern Experimental Optics), 95
- Nanoelektronik
(Nanoelectronics), 81
- Nonlinear Dynamics and Complex Systems, 131
- Nuclear and Neutrino Astrophysics, 56
- Numerische Mathematik
(Numerical Mathematics), 163
- Numerische Methoden der Physik
(Numerical Methods in Physics), 46, 168
- Numerische Methoden für Differentialgleichungen der Geophysikalischen Strömungsmechanik
(Numerics for Differential Equations of Geophysical Fluid Dynamics), 169
- Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation I
(Patent Law – Research – Development – Innovation I), 47
- Patentrecht – Forschung – Entwicklung – Innovation II
(Patent Law – Research – Development – Innovation II), 48
- Phase Transitions in Heavy Ion Collisions, 74
- Physik der Energiegewinnung
(Physics of Energy Production), 108
- Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher
(Classical and quantum physics of black holes), 57
- Physik der klassischen und quantenmechanischen schwarzen Löcher II
(Classical and quantum physics of black holes II), 58
- Physik der Teilchendetektoren
(Physics of Particle Detectors), 73
- Physik des Planetensystems
(Physics of our planetary system), 141
- Physik technischer Werkstoffe
(Physics of Engineering Materials), 112
- Plasmaphysik
(Plasma Physics), 94
- Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor I
(High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory I), 110
- Plasmen hoher Energiedichte und Röntgenstrahlung im Universum und Labor II
(High Energy Density Plasmas: X-rays in the Universe and Laboratory II), 111
- Praktikum Hochleistungsrechnerarchitektur
(Lab Class High-Performance Computer Architecture), 166
- Programmierung 1
(Programming 1), 36
- Programmierung 2
(Programming 2), 38
- Proseminar, 40
- Quanteninformation und Quantencomputer
(Quantum information and quantum computation), 50
- Quantum Molecular Dynamics, 151, 172
- Quantum Theory on the Lattice, 66
- Quarkstruktur der Materie
(Quark Structure of Matter), 67
- Ringbeschleuniger und Speicherringe
(Synchrotrons and Storage Rings), 101
- Schwache Wechselwirkung und fundamentale Symmetrien
(Weak Interaction and Fundamental Symmetries), 68
- Starke Kernkraft und Kernmodelle
(Strong Interaction and Nuclear Models), 69
- Statistische Physik und kritische Phänomene
(Statistical Physics and Critical Phenomena), 148
- Strahlen- und Umweltbiophysik
(Radiation and Environmental Biophysics), 122
- Struktur und Dynamik der Galaxis
(Structure and Dynamics of the Galaxy), 136
- Struktur und Dynamik Extragalaktischer Systeme

- (Structure and Dynamics of Extragalactic Systems), 135
- Supraleitung in der Beschleuniger- und Fusions-
technologie
(Superconductivity in accelerator and
fusion technology), 103
- Symmetrien in der Quantenmechanik
(Symmetries in Quantum Mechanics),
134
- Theoretical Neuroscience I, 174
- Theoretical Neuroscience II, 175
- Theoretische Informatik 1
(Theoretical Informatics 1), 161
- Theoretische Physik 1/2 für Sommeranfänger:
Mathematische Methoden und Klassi-
sche Mechanik
(Theoretical Physics 1/2 for Summer
Freshers: Mathematical Methods and
Classical Mechanics), 21
- Theoretische Physik 1: Mathematische Metho-
den der Theoretischen Physik
(Theoretical Physics 1: Mathematical
Methods of Theoretical Physics), 16
- Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik
(Theoretical Physics 2: Classical Me-
chanics), 17
- Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodyna-
mik
(Theoretical Physics 3: Classical Elec-
trodynamics), 18
- Theoretische Physik 4: Quantenmechanik
(Theoretical Physics 4: Quantum Me-
chanics), 19
- Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Sta-
tistische Physik
(Theoretical Physics 5: Thermodyna-
mics and Statistical Physics), 20
- Theoretische Quantenoptik
(Theoretical Quantum Optics), 160
- Theorie der Supraleitung
(Theory of Superconductivity), 149
- Thermische Quantenfeldtheorie
(Thermal quantum field theory), 145
- Ultrakalte Quantengase
(Ultracold Quantum Gases), 159
- Vakuumphysik I
(Vacuum Physics I), 104
- Vakuumphysik II
(Vacuum Physics II), 105
- Verteilungsfunktionen in der Astrophysik
(AGN distribution functions), 140
- Vielteilchenphysik
(Many-body physics), 153
- Visualisierungsmethoden in der Biologie und Me-
dizin
(Visualisation in Biology and Medici-
ne), 123
- Wahrscheinlichkeit und Information in der Phy-
sik
(Probability and Information in Phy-
sics), 49
- Zerfälle in der Quantenfeldtheorie
(Decays in Quantum Field Theory), 64

Impressum

UniReport Satzungen und Ordnungen er-
scheint unregelmäßig und anlassbezogen als
Sonderausgabe des UniReport. Die Auflage
wird für jede Ausgabe separat festgesetzt.

Herausgeber ist der Präsident der Johann Wolfgang
Goethe-Universität Frankfurt am Main.